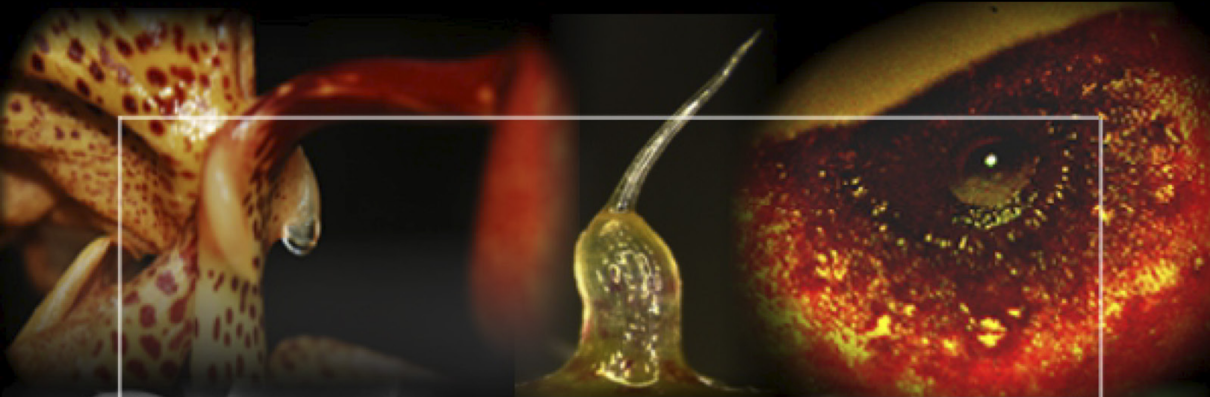


GUIA DIDÁTICO DE ESTRUTURAS SECRETORAS
Com ênfase em Plantas Amazônicas



Jorgeane Valéria Casique | Tatiani Yuriko Pinheiro Kikuchi
Maria Auxiliadora Feio Gomes | Marcos Vinícius Batista Soares
Andreza Stephanie de Souza Pereira | Edilson Freitas da Silva
Juliana Livian Lima de Abreu | Joana Patrícia Pantoja Serrão Filgueira
Cyntia Stella Porfírio Dias | Rafaela Cabral Santos da Trindade
Tarcymara Barata Garcia | Suelen Mata da Silva
Maria Isabel de Sena Nery | Wendell Vilhena de Carvalho

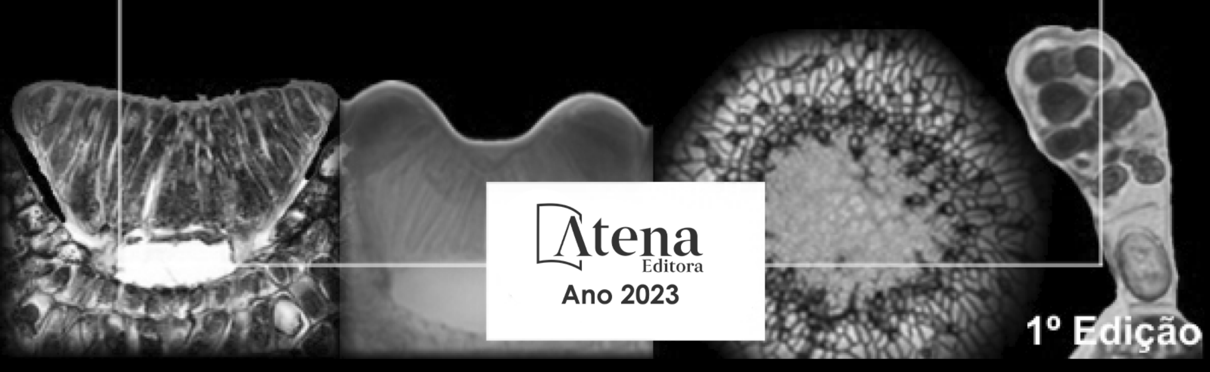


Atena Editora
Ano 2023
1º Edição



GUIA DIDÁTICO DE ESTRUTURAS SECRETORAS
Com ênfase em Plantas Amazônicas

Jorgeane Valéria Casique | Tatiani Yuriko Pinheiro Kikuchi
Maria Auxiliadora Feio Gomes | Marcos Vinícius Batista Soares
Andreza Stephanie de Souza Pereira | Edilson Freitas da Silva
Juliana Livian Lima de Abreu | Joana Patrícia Pantoja Serrão Filgueira
Cyntia Stella Porfírio Dias | Rafaela Cabral Santos da Trindade
Tarcymara Barata Garcia | Suelen Mata da Silva
Maria Isabel de Sena Nery | Wendell Vilhena de Carvalho



Atena Editora
Ano 2023
1º Edição

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Camila Alves de Cremo
Ellen Andressa Kubisty
Luiza Alves Batista
Nataly Evilin Gayde
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE

Guia didático de estruturas secretoras - Com ênfase em espécies ocorrentes na Amazônia

Diagramação: Natália Sandrini de Azevedo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

G943 Guia didático de estruturas secretoras - Com ênfase em espécies ocorrentes na Amazônia / Jorgeane Valéria Casique, Tatiani Yuriko Pinheiro Kikuchi, Maria Auxiliadora Feio Gomes, et al. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2023.

Outros autores
Marcos Vinícius Batista Soares
Andreza Stephanie de Souza Pereira
Edilson Freitas da Silva
Juliana Livian Lima de Abreu
Joana Patrícia Pantoja Serrão Filgueira
Cyntia Stella Porfírio Dias
Rafaela Cabral Santos da Trindade
Tarcymara Barata Garcia
Suelen Mata da Silva
Maria Isabel de Sena Nery
Wendell Vilhena de Carvalho

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-1474-2
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.742231905

1. Plantas. 2. Botânica. 3. Histologia. I. Casique, Jorgeane Valéria. II. Kikuchi, Tatiani Yuriko Pinheiro. III. Gomes, Maria Auxiliadora Feio. IV. Título.

CDD 582

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao conteúdo publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que o texto publicado está completamente isento de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

DEDICATÓRIA

Este livro é dedicado a todos os alunos de Iniciação Científica, Mestrado e Doutorado que realizaram e ainda realizam as suas pesquisas em Botânica - Anatomia vegetal no Laboratório de Anatomia Vegetal – LAVEG. O LAVEG é considerado um dos pioneiros nos estudos da Anatomia Vegetal no Brasil e faz parte do conjunto de laboratórios institucionais do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). E ao longo desses últimos 40 anos, o LAVEG, continua o legado de laboratório institucional público, contribuindo com inovações tecnológicas do MPEG e a formação de vários alunos, através de parcerias estabelecidas com diversas instituições, especialmente públicas, como a UFRA, UFPA, UEPA, CESUPA, IEC, LACEN, EMBRAPA E ARQUEOLOGIA/MPEG, além do próprio PPG-BOTÂNICA-UFRA/MPEG, os quais necessitam da Anatomia vegetal para auxiliar em suas linhas de pesquisas como a química, farmácia, botânica, agronomia, engenharia florestal, etnobotânica, arqueologia, engenharia civil, dentre outras.

À saudosa Dra. Raimunda Vilhena Potiguara, a Raimundinha, como era chamada carinhosamente por todos. Por todo o seu empenho, coragem e dedicação à anatomia vegetal, às espécies amazônicas, ao MPEG e aos seus alunos. Uma verdadeira inspiração para todos nós, que tivemos a oportunidade de conhecer e conviver com ela. O nosso eterno obrigado!

À Dra. Alba Lúcia Ferreira de Almeida Lins, nossa "mãezona" do LAVEG. Por seu apoio, incentivo, conselhos, confiança e companheirismo. Admirada e amada por todos nós, sempre nos acompanhou e compartilhou os seus conhecimentos, como uma forma de alcançarmos e aperfeiçoarmos os nossos sonhos com a Botânica, e em especial com a anatomia vegetal. Pelos momentos de descontração, paciência e amizade, o nosso muito obrigado!

Ao nosso saudoso amigo de LAVEG, Breno Ricardo Serrão da Silva. Pelos seus anos de amizade, por compartilhar os seus conhecimentos com muita paciência e profissionalismo, sem tirar o sorriso do rosto. Pela sua dedicação com a anatomia vegetal e com o LAVEG, essa inspiração não será esquecida. Você viverá sempre em nossos corações, muito obrigada por tudo!

AGRADECIMENTO

Ao Ministério da Educação e Ministério da Ciência e Tecnologia e Inovação pelas ações que promovem o desenvolvimento científico no Brasil, especialmente na Amazônia.

Ao Museu Paraense Emílio Goeldi – MPEG por ter disponibilizado suas dependências e equipamentos ao longo desses anos para que esta obra se tornasse possível.

Aos pesquisadores do Programa de Pós-graduação em Botânica da Universidade Federal Rural da Amazônia e Museu Emílio Goeldi pelo estímulo, apoio e dedicação para a realização deste trabalho.

Aos alunos e ex-alunos de Iniciação Científica do Programa PIBIC/CNPq/MPEG, Mestrado e Doutorado em Botânica UFRA/MPEG, que contribuíram indiretamente através das imagens de espécies estudadas e publicadas por eles.

A todos que indiretamente colaboraram para a confecção de lâminas das espécies aqui apresentadas, fruto de ensinamentos e treinamentos dispensados ao longo de projetos.

Os autores

APRESENTAÇÃO

Esta obra é produto de projetos desenvolvidos no Laboratório de Anatomia Vegetal do Museu Emílio Goeldi por mestrandos e doutorandos do curso de pós-graduação da Universidade Federal Rural da Amazônia em parceria com a instituição de pesquisa Museu Emílio Goeldi, sobre Estruturas Secretoras em Plantas. É um assunto relevante que vem despertando interesse na pesquisa pela sua importância econômica na indústria e no comércio. São estruturas que fazem parte dos metabólitos secundários, portanto, são úteis em reações do metabolismo secundário das plantas, atração de animais, agentes polinizadores e de proteção contra herbivoria, frugivoria.

As estruturas secretoras apresentam-se diversificadas, especializadas em células e tecidos vegetais. São estruturas que estão posicionadas em diferentes partes da planta, de forma simples ou complexa e morfologicamente diferentes. A síntese das estruturas secretoras está relacionada a sua função fisiológica na planta seja como produto de defesa ou para seu próprio metabolismo e desenvolvimento.

A histologia vegetal é uma técnica importante no estudo das estruturas secretoras, através da Anatomia obtém-se informações relacionadas a ecologia, podendo serem consideradas como um biossinalizador para a vida da planta em seu ambiente de crescimento e desenvolvimento ou outras informações relevantes para o estudo botânico.

Maria Auxiliadora Feio Gomes

Professora Associada IV da Universidade

Federal Rural da Amazônia

SUMÁRIO

ESTRUTURAS SECRETORAS EM PLANTAS

Neste capítulo, você poderá reconhecer e entender os principais tipos de estruturas secretoras que ocorrem nas plantas. As estruturas secretoras serão divididas em externas, se a substância secretada for eliminada para o ambiente e internas, quando for mantida no interior da estrutura secretora, ou do vegetal. Algumas dessas estruturas secretoras externas e internas serão caracterizadas e ilustradas, nos capítulos a seguir, em espécies ocorrentes na flora Amazônica.

CAPÍTULO 1 - ESTRUTURAS SECRETORAS EM PLANTAS

São células especializadas que se apresentam individualizadas, multicelulares ou formando tecidos que, sintetizam, acumulam e, ou, secretam substâncias químicas oriundas do metabolismo secundário das plantas. Características citológicas. As células secretoras apresentam características estruturais específicas quando observadas nos diferentes tipos de microscópios, que auxiliam a sua identificação:

Características citológicas

As células secretoras geralmente apresentam características estruturais específicas quando observadas nos diferentes tipos de microscópios, os quais auxiliam a sua identificação.

I. Quando vistas ao microscópio de luz (ML) apresentam (Fig. 1):

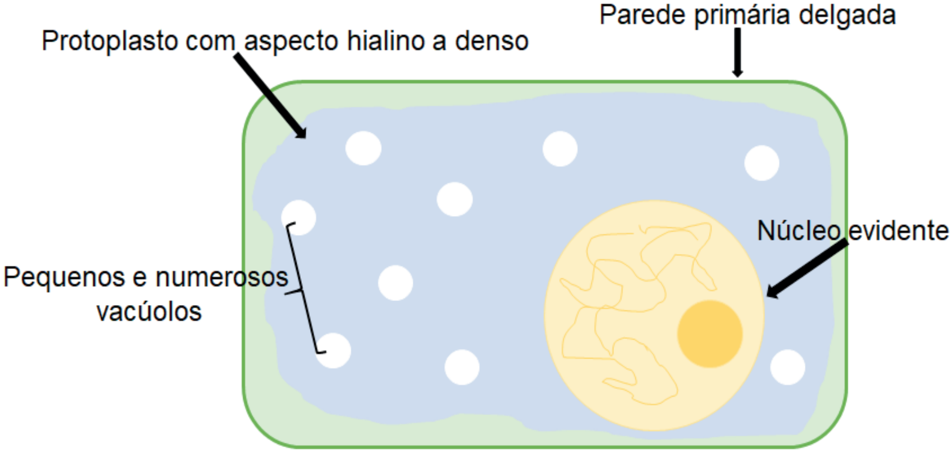


Figura 1. Desenho esquemático de uma célula secretora de planta sob visão em microscópio. Fonte: Autores.

II. Quando vistas ao microscópio eletrônico de transmissão (MET) apresentam (Fig. 2):

• Paredes delgadas com plasmodesmo abundante;

• Protoplasto denso devido a presença de vesículas, vacúolos e dictiossomos que lhes confere intensa atividade metabólica, produzindo substâncias alvo a essa estrutura;

• A frequência dos componentes celulares (retículo endoplasmático, plastídios, mitocôndrias, etc) varia de acordo com a substância secretada;

• Núcleos e nucléolos grandes e evidentes;

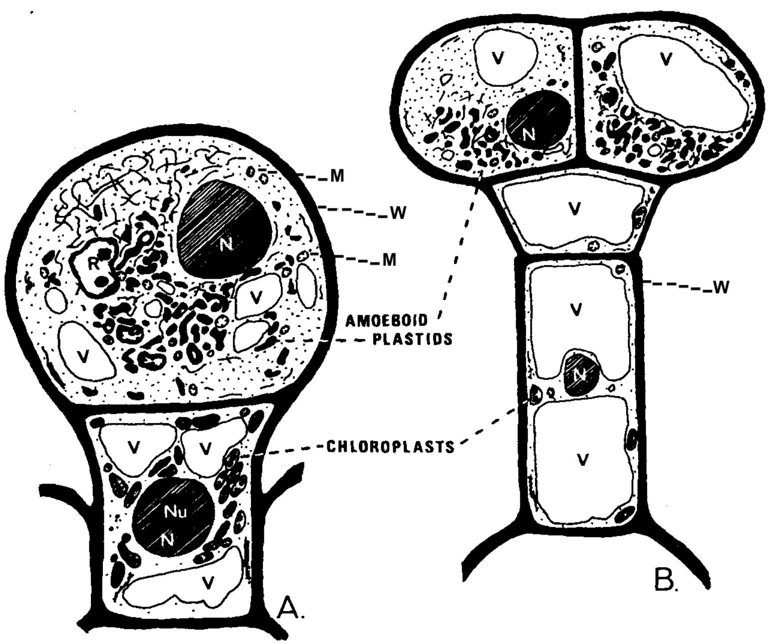


Figura 2. Dois tipos de tricomas glandulares secretores de resina. A célula do caule de *Beyeria* (A) com seus numerosos cloroplastos contrasta com as células do caule altamente vacuoladas de *Newcastelia* (B), que contêm apenas alguns cloroplastos. Mitocôndrias – M; Núcleo – N; Nu – nucléolo; P – plastídios; Resina – R; Parede celular – W; V – vacúolo. Fonte: Dell & McComb, 1979.

III. Ao microscópio eletrônico de varredura (MEV), a morfologia da superfície das estruturas secretoras pode ser vista em riqueza de detalhes e definição, em diferentes fases de secreção (Fig. 3):

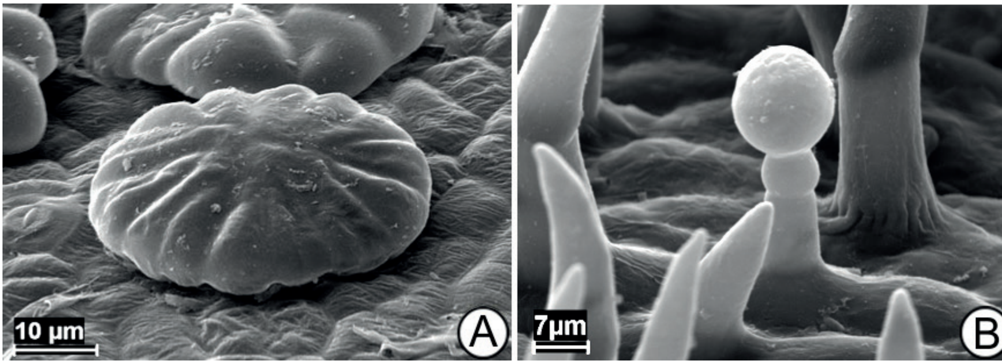


Figura 3. Tricoma peltado de *Bignonia aequinoctialis*. (A); Tricoma glandular de *Vitex agnus-castus*. Fonte: Gama et al., 2013 (A); Braga et al., 2014 (B).

Tipos de secreção

- **Holócrina**: as substâncias secretadas são eliminadas em decorrência da degeneração ou lise das células secretoras (Fig. 4).
- **Merócrina**: as substâncias são eliminadas e a célula mantém seu protoplasto intacto (passagem direta de forma passiva de íons pela membrana (Fig. 4);
    - Granulócrina: as substâncias são liberadas em vesículas secretoras, que se fusionam com a membrana plasmática ou são englobadas por ela (exocitose);
    - Écrina: as moléculas pequenas ou íons atravessam a membrana plasmática por processo ativo ou passivo (gradiente de concentração).

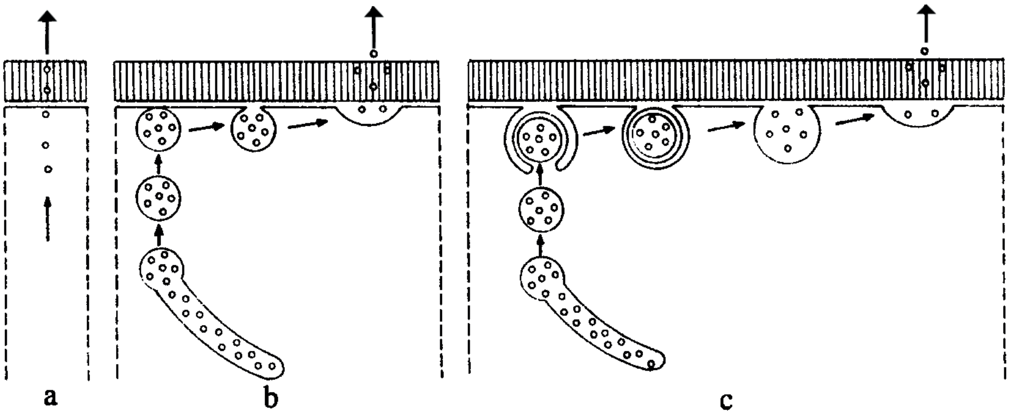


Figura 4. Diferentes caminhos da secreção das células secretoras. Transporte via membrana – secreção écrina (a). Transporte por vesículas (b, c) – secreção granulócrina. A membrana das vesículas se fusionam com o plasmalema (b). A vesícula com substância secretada é eliminada pelas invaginações no plasmalema (c). Fonte: Fahn, 1988.

Em relação ao destino:

Endógena (endotrópica): a secreção é acumulada em espaços intercelulares da célula secretora (Fig. 5).



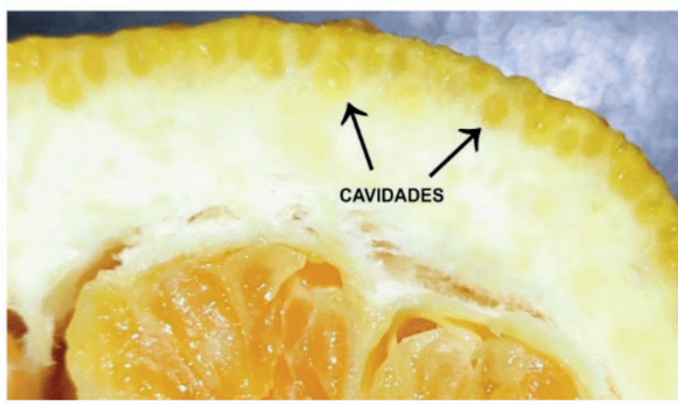


Figura 5. Cavidades de óleo em uma tangerina (*Citrus* sp.). Fonte: Autores

Exógena (exotrópica): a secreção é liberada para fora do corpo vegetal (Fig. 6).

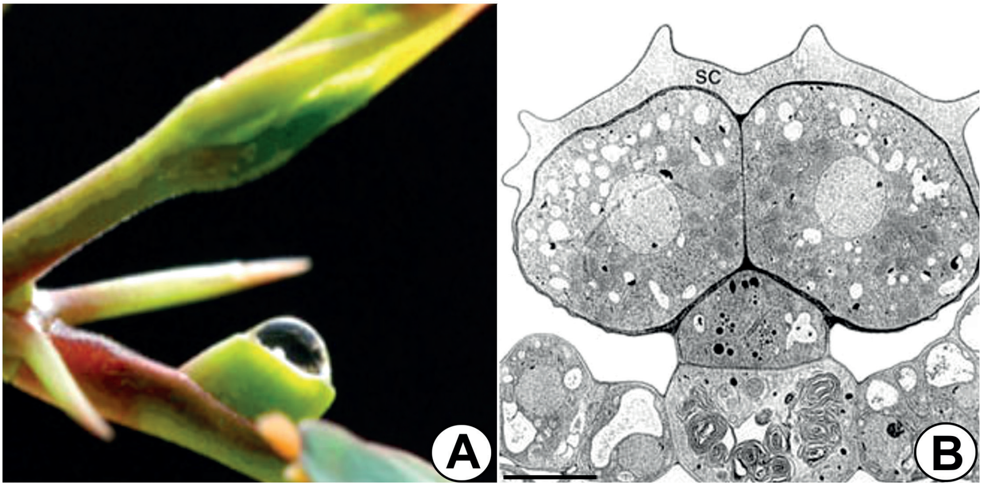


Figura 6. Nectário extrafloral de *Acacia cornigera* (A); Tricomas glandulares peltados de *Nepeta racemosa* com uma cutícula distendida e uma grande quantidade de material acumulado (secreção sc) na cavidade subcuticular (B) Fonte: Vivanco & Baluska, 2012 (A); Beck, 2010 (B).

Principais substâncias secretadas

- Hidrofílicas
    - Líquido gutado: água pura a soluções diluídas (íons) (ex. *Fragaria* sp.) (Fig. 7).
    - Soluções salinas: mais concentradas que o anterior (ex. *Nymphaea* sp.).
    - Néctar: concentração elevada de açúcares (mono e dissacarídeos) (ex. Leguminosae, Passifloraceae) (Fig. 8).
    - Mucilagem ou gomas: polímeros complexos de polissacarídeos ácidos ou neutros de elevado peso molecular (ex. Malvaceae).
    - Enzimas digestivas: hidrolases (fosfatases ácidas, proteases), oxidase (ex. *Drosera* sp.)



Figura 7. Água de gutação saindo pelas bordas da folha de morangueiro. Imagem: Bernardo Ueno. Disponível em: https://www.cnpuv.embrapa.br/uzum/morango/sal.html.

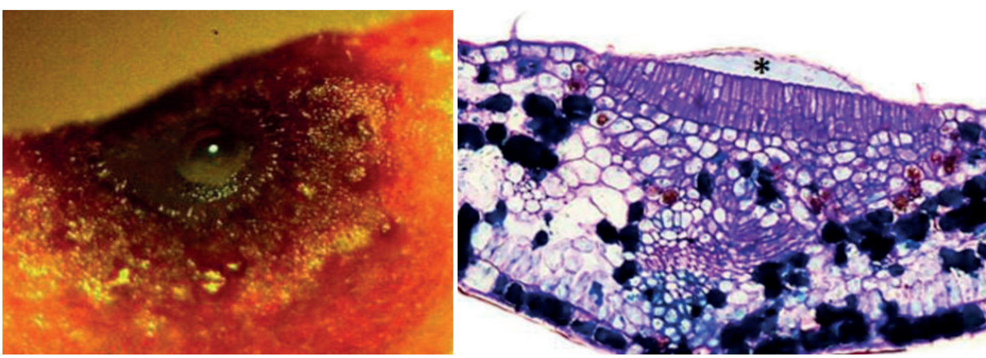


Figura 8. Nectários florais e extraflorais em *Passiflora glandulosa*. Esquerda: vista frontal do ocelo (nectário) da sépala, notar gotícula de néctar na região central; direita: corte transversal do ocelo do limbo foliar. Fonte: Soares et al., 2021.

- **Lipofílicas**
  - Terpenos (óleo essencial, resinas), gorduras, ceras (ex. Malpiguiaceae) - Látex: suspensão de pequenas partículas (óleos, resinas, ceras, borracha) (ex. Apocynaceae, Euphorbiaceae) (Fig. 9), dispersas num líquido que pode conter mucilagem, ácidos orgânicos, sais minerais, enzimas proteolíticas (*Carica papaya*), açúcares (Asteraceae), vitaminas e amido (*Euphorbia* sp.), taninos (*Musa* sp.) e alcaloides (*Papaver* sp.).

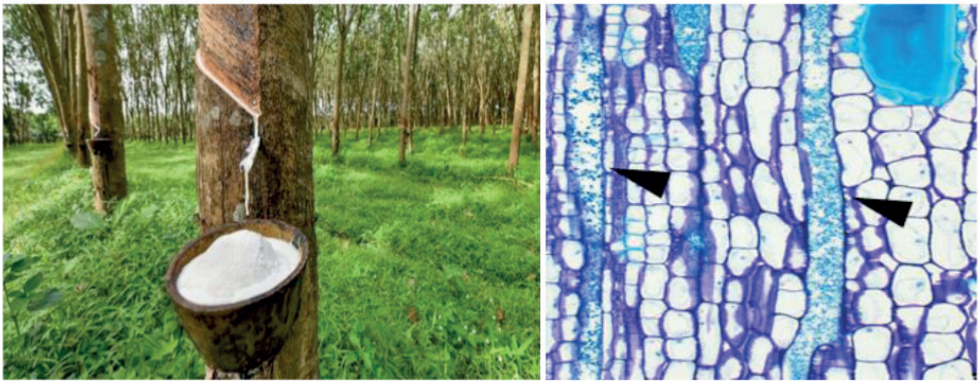


Figura 9. Látex. Esquerda: coleta de látex da seringueira (*Hevea brasiliensis*, Euphorbiaceae) em plantio; Direita: Laticíferos (setas) e partículas de látex no pecíolo de *Aspidosperma obscurinervium* (Apocynaceae). Fonte: Esquerda - https://blog.buscarrural.com/agricultura/investir-em-seringueira-e-um-bom-negocio/; Direita – Autores.

Importância

As estruturas secretoras presentes nas plantas apresentam uma grande variedade de compostos químicos importantes e utilizados pelo homem ao longo do tempo. Estes compostos têm várias funções na própria planta, como por exemplo, servem para atrair polinizadores e vetores que auxiliam na dispersão de sementes; ou ainda detém a ação de herbívoros e microrganismos nocivos à planta (atuando na defesa desta).

Ressalta-se que, alguns dos compostos químicos extraídos dessas estruturas são economicamente importantes na indústria farmacêutica, cosmética e alimentícia, o que levou nas últimas décadas ao estudo multidisciplinar de numerosas espécies aromáticas e medicinais.

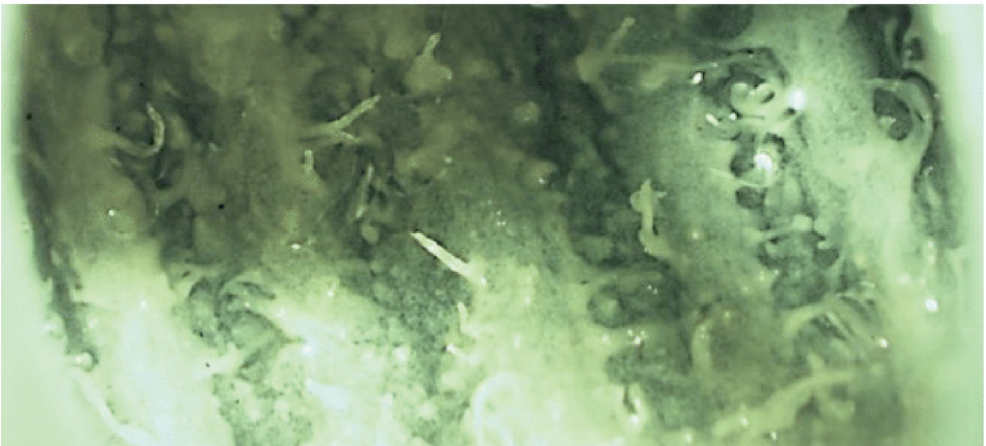
Classificação

As estruturas secretoras podem ocorrer tanto em órgãos vegetativos (raiz, caule e folha) quanto reprodutivos (flores, frutos e sementes) da planta, daí a especificidade e diversidade morfológica externa ou interna. Assim, as estruturas secretoras foram divididas em duas categorias:

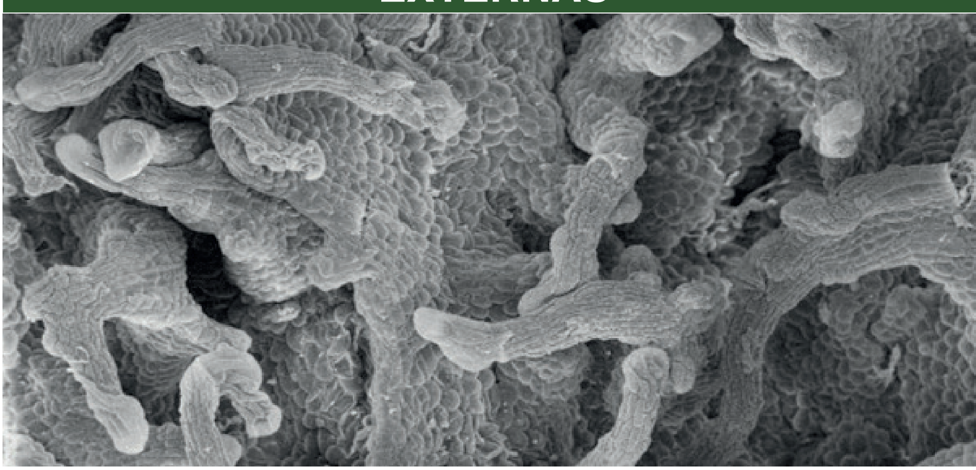
- **Estruturas secretoras externas**: são estruturas secretoras encontradas na superfície da planta, que são: nectários (florais e extraflorais), coléteres, tricomas glandulares, tricomas urticantes, glândulas digestivas, glândulas de sal, osmóforos, elaióforos, hidatódios e hidropótios.
- **Estruturas secretoras internas**: são aquelas estruturas secretoras embutidas nos diferentes tecidos no interior da planta, onde a secreção é liberada para o

ambiente externo somente quando há injúria do órgão, que são: idioblastos, ductos, cavidades e laticíferos.

Algumas dessas estruturas secretoras externas e internas serão caracterizadas e ilustradas, nos capítulos a seguir, em espécies aromáticas e medicinais ocorrentes na flora Amazônica.



PARTE I – ESTRUTURAS SECRETORAS EXTERNAS



NECTÁRIOS EXTRAFLORAIS E FLORAIS

São as estruturas secretoras de néctar, comumente encontradas em várias partes do corpo das plantas, tanto em órgãos vegetativos quanto reprodutivos. Os principais componentes do néctar são sacarose, glicose e frutose. Tem função de atrair agentes polinizadores e/ou de proteção.

CAPÍTULO 2 - NECTÁRIOS EXTRAFLORAIS E FLORAIS

Os nectários são glândulas especializadas do tecido vegetal que secretam néctar na superfície da planta. O néctar pode ser constituído de monossacarídeos, dissacarídeos, proteínas, aminoácidos, água e outros compostos. E é considerado uma das principais recompensas ofertadas pelas plantas. Os nectários podem ocorrer em diversas famílias de Angiospermas, Gimnospermas e em certas espécies de samambaias. A principal função relacionada aos nectários é a de atração de forrageadores, como os polinizadores; e de defensores, como as formigas. Quando os nectários estão diretamente envolvidos com a atração de polinizadores são denominados de nectários nupciais. E quando não envolvidos, são denominados de nectários extranupciais (Fig. 10).

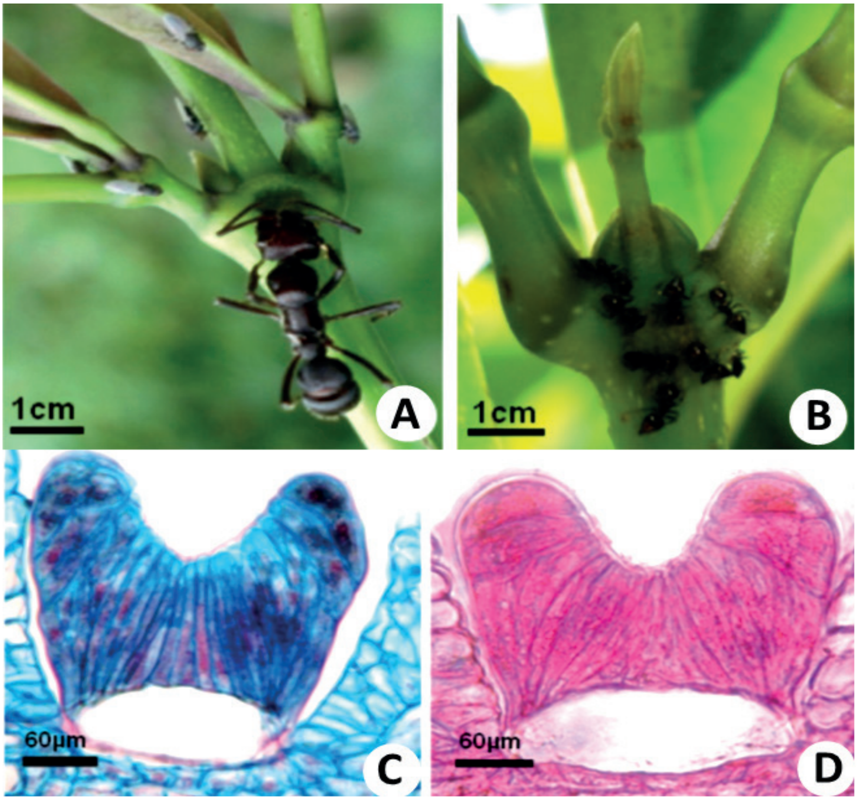


Figura 10. Formigas forrageando os nectários extraflorais/extranupciais presentes na região nodal de Indivíduos de *Mansoa standleyi* (A, B). Análise anatômica dos nectários extranupciais/extraflorais (tricomas pateliformes) presentes na região nodal de *Mansoa standleyi* (C, D). Fonte: Vilhena-Potiguara *et al*., 2012.

Quanto a localização os nectários podem ser florais (NF), quando localizados nos órgãos florais como o ovário, estame, cálice, corola e receptáculo; já os nectários extraflorais (NEF) são encontrados em todos os órgãos vegetativos, como folha (pecíolo, estípula, lâmina), brácteas, bractéolas, caules e raízes.

O néctar dos nectários florais são importantes fontes de alimento para as abelhas, principais polinizadoras de vários grupos de plantas, elas propiciam a reprodução cruzada estre espécies de importância econômica, auxiliando na produção de muitas frutas e sementes. Os nectários extraflorais, que ocorrem principalmente em plantas tropicais, são notáveis do ponto de vista ecológico, mas têm aplicações econômicas limitadas, pelo menos atualmente.

O néctar dos nectários extraflorais (NEF) atraem formigas (e outros artrópodes), que em troca protegem as plantas de ataques herbívoros. Essas interações são comuns nos trópicos e subtrópicos, mas são mais raras ou ausentes em regiões temperadas.

Na Amazônia, os nectários florais e extraflorais podem ser encontrados em diversas famílias botânicas, como: Fabaceae, Bignoniaceae, Polygalaceae (Fig. 11), Orchidaceae (Fig. 12), Passifloraceae, entre outras.

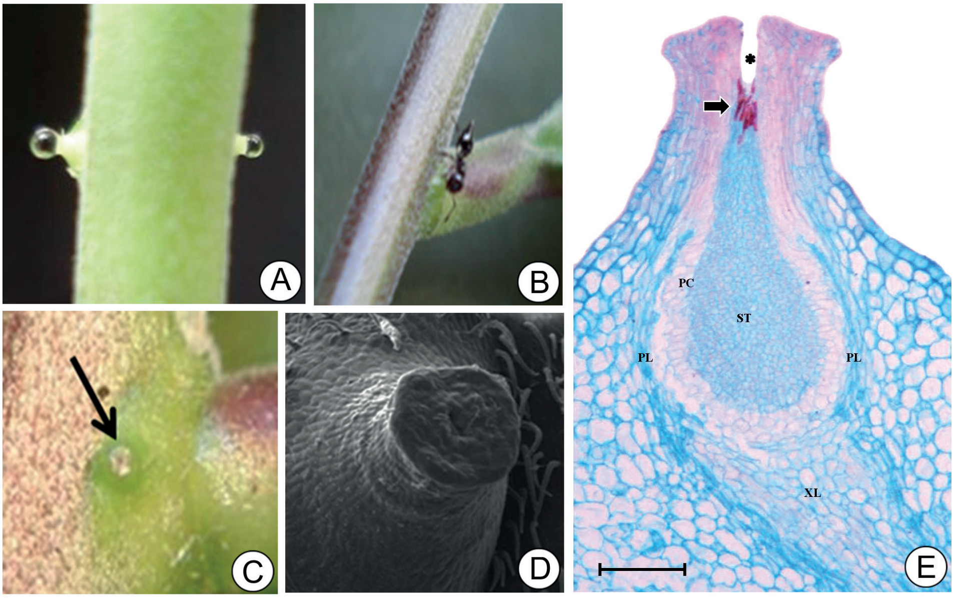


Figura 11. Nectários extraflorais de *Caamembeca spectabilis* (Polygalaceae). Fonte: Filgueira et al., 2016.

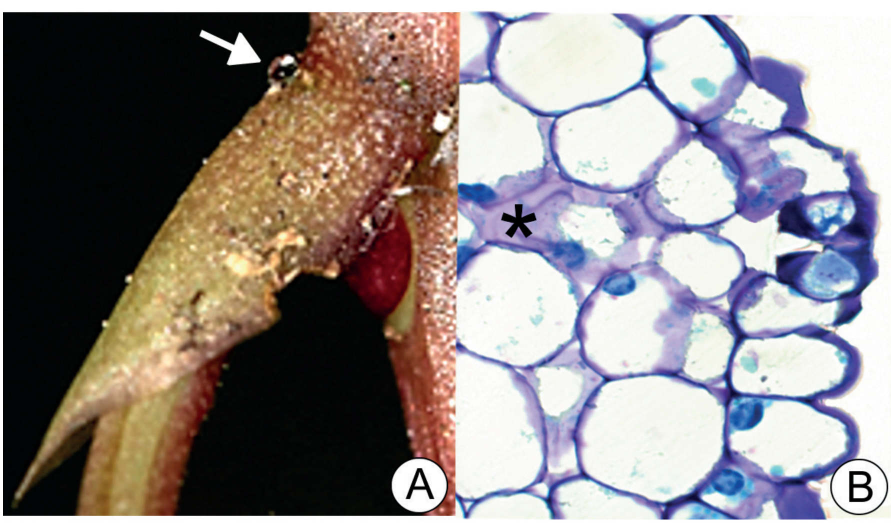


Figura 12. Nectário extrafloral na bráctea de *Gongora minax* (Orchidaceae). Esquerda: Bráctea com gotícula secretada (seta); Direita: Secreção de néctar (*) através do estômato. Fonte: Casique et al., 2021.

Em alguns nectários, o tecido nectarífero não difere dos demais tecidos adjacentes e apenas o néctar é detectado (nectários não-estruturados). Mas quando é diferenciado dizemos que ele é estruturado. Estes nectários são caracterizados pela presença de elementos de condução floemáticos e xilemáticos, tecido nectarífero parenquimático e tecido nectarífero epidérmico. O parênquima nectarífero é constituído por células pequenas, de paredes finas e protoplasto denso (Fig. 13).

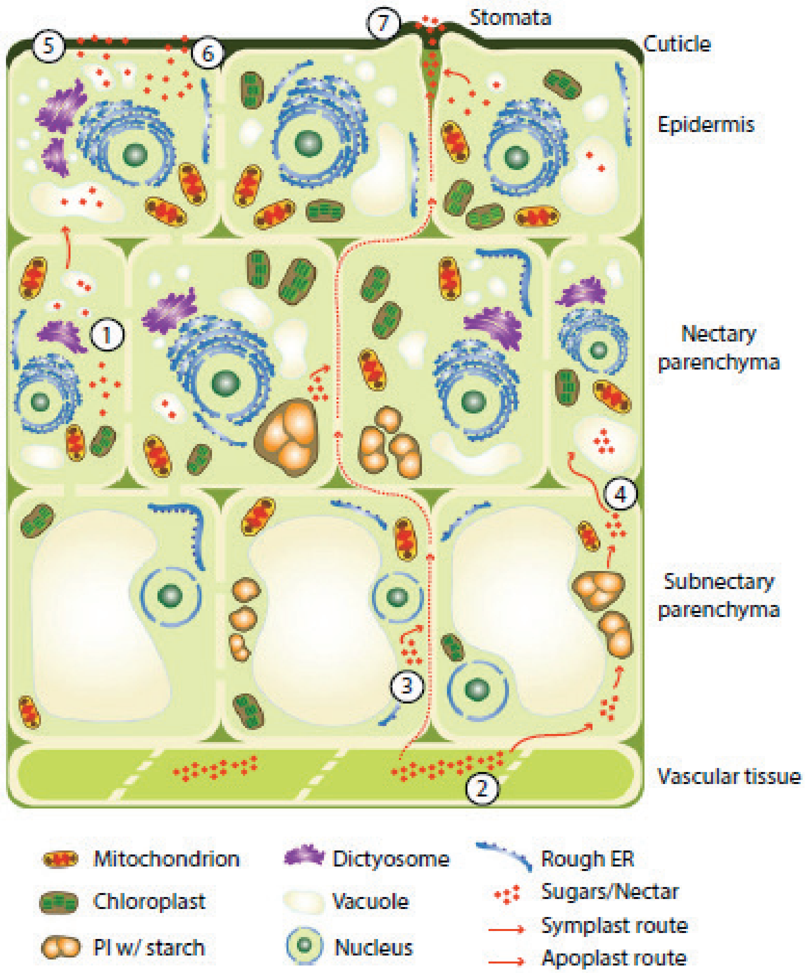


Figura 13. Produção, armazenamento e secreção de néctar. A produção de néctar pode ocorrer por meio de diferentes mecanismos: (1) produção no parênquima nectarífero e pelas organelas contidas nele, como o retículo endoplasmático rugoso e cloroplastos. Posteriormente, o néctar pode ser modificado pelas enzimas presentes no citoplasma e armazenado em vacúolos; (2) produção a partir da sacarose do floema. (3) A sacarose pode ser quebrada em glicose e frutose, modificada posteriormente e transportada para fora do nectário ou (4) pode ser armazenada primeiro em amiloplastos e / ou vacúolos. A secreção de néctar pode ser liberada (5) por mecanismo granulócrino ou (6) por mecanismo écrino ou (7) por nectarestomato. A representação dos três mecanismos de secreção no mesmo desenho esquemático não implica que todos esses mecanismos ocorram simultaneamente. Fonte: Tölke et al., 2019.

COLÉTERES

São estruturas secretoras de mucilagem ou goma (polímeros complexos de polissacarídeos). Estruturalmente os coléteres podem ser idioblastos, cavidades, ductos, superfícies epidérmicas e tricomas.

CAPÍTULO 3 - COLÉTERES

Coléteres estruturalmente são tricomas ou emergências vascularizadas formadas a partir de tecidos epidérmicos e subepidérmicos, que produzem secreção formada por uma mistura de compostos de natureza glicídica e lipofílica. Estão presentes na superfície adaxial dos nós e entrenós, e de partes vegetais como, pecíolos, lâmina foliar, nervuras, raízes e brácteas, e em órgãos reprodutivos, como os ovários. São encontrados tanto em monocotiledôneas como em eudicotiledôneas, sendo que a maior parte dos estudos dessas estruturas se concentra em espécies de Apocynaceae, Malvaceae e Rubiaceae. Em estudos específicos com espécies Amazônicas, essas estruturas podem ser observadas na superfície foliar de *Theobroma grandiflorum* (Malvaceae *s.l*) (Fig. 14) e *Croton mollis* (Euphorbiaceae) (Fig. 15).

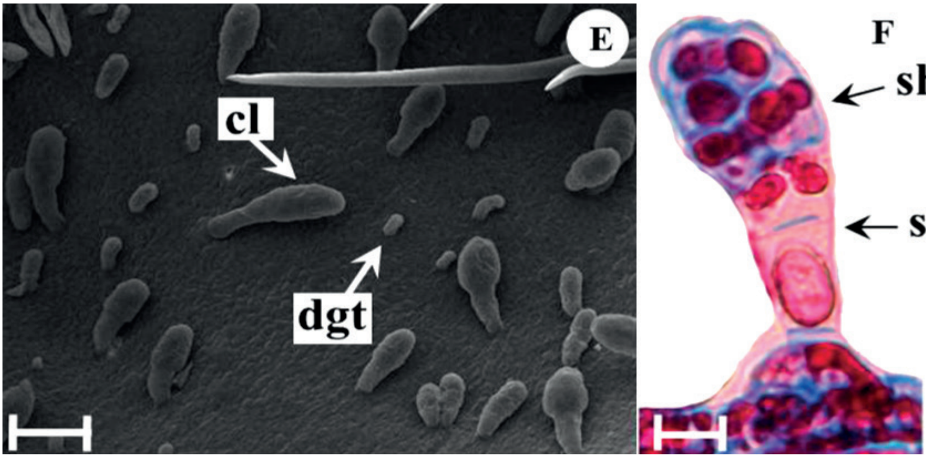


Figura 14. Coléteres (tricomas digitiformes) na folha de *Theobroma grandiflorum* (E, F). Fonte: Garcia et al., 2014.

O uso do termo "coléter" varia entre autores devido ao critério usado ao definir estas estruturas, como morfologia, localização e natureza química da secreção. Suas secreções viscosas encobrem as gemas e por isso a função principal das estruturas secretoras está

associada à proteção dos tecidos meristemáticos contra a desidratação, reduzindo a transpiração, o que ajuda as plantas a sobreviverem em condições muito áridas.

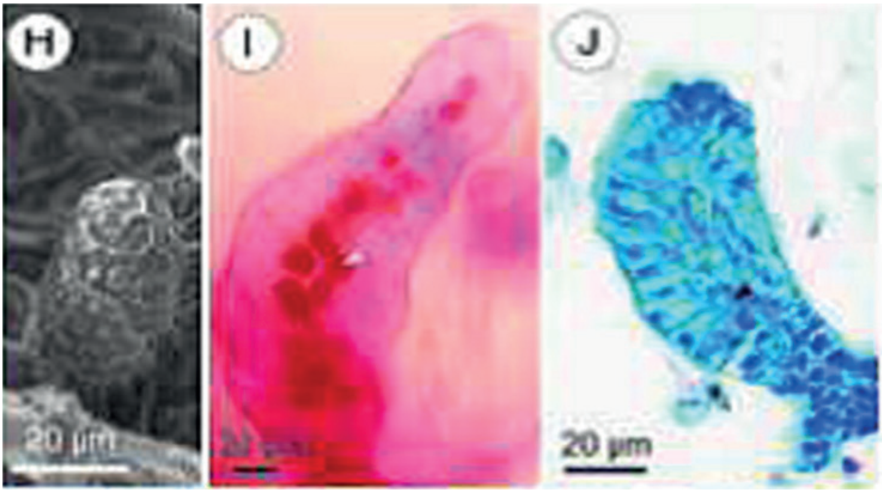


Figura 15. Coléteres em folhas maduras de *Croton mollis* (H, I e J). Fonte: Vitarelli et al., 2021.

Na literatura, cinco tipos de coléteres vascularizados foram definidos a partir de observações realizadas com gêneros de Rubiaceae (Fig. 16): a) tipo padrão, com eixo formado de células parenquimáticas cercadas por células epidérmicas em paliçada, justapostas e cobertas por uma cutícula; b) tipo intermediário, com células epidérmicas longas, conspícuas, ligeiramente separadas umas das outras e um centro reduzido de células parenquimáticas; c) tipo dendróide, células epidérmicas mais alongadas e separadas umas das outras e com eixo central parenquimático bem reduzido; d) tipo escova, o eixo parenquimático é praticamente ausente havendo somente as células epidérmicas alongadas; e) tipo padrão reduzido, estrutura com redução geral de tamanho em relação ao tipo padrão e perda da forma do arranjo de células epidérmicas. Além destes, outros formatos também foram identificados: tipo alado e tipo filiforme. Em Orchidaceae o tipo digitiforme (Fig. 17) apresenta-se bem distribuído nas diferentes peças florais (sépalas, pétalas, ovário, coluna) e nas brácteas, comumente encontrado em espécies da subtribo Stanhopeineae.

O parênquima que produz mucilagem ocorre nas plantas suculentas, tendo um papel relevante no armazenamento de água. Um dos mecanismos de captura das plantas carnívoras é caracterizado pela presença de tricomas que secretam mucilagem na superfície das folhas, imobilizando a presa e facilitando a sua captura.

Com relação à composição química do material secretado por coléteres, já foram encontrados polissacarídeos, lipídios, açúcares carboxilados, açúcares sulfatados,

proteínas e terpenos, contudo há uma tendência entre os estudiosos em considerar a mucilagem o composto mais abundante.

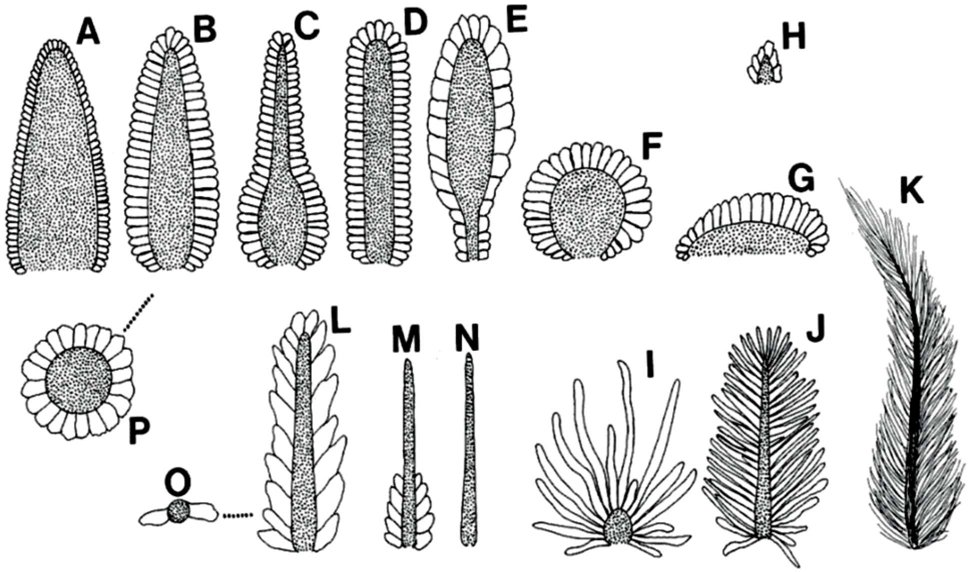


Figura 16. Morfologia dos coléteres em espécies de Rubiaceae. (A-N, cortes longitudinais de coléteres; O, P, seções transversais, P correspondendo a B e ± a todos representados em A-G, O correspondendo a L; a área sombreada representa o eixo de ± células alongadas; todos os desenhos semi-esquemáticos): A-H, variantes do coléter padrão Rubiaceae (A, B, cônico, C, obpiriforme, D, cilíndrico, E, com haste, F, arredondado, G, em forma de almofada, H, reduzido); I-K, tipos desviantes, ± restritos aos gêneros *Pavetta*, *Psychotria*, *Tricalysia* e *Sericanthe* (I, tipo pincel, J, dendróide, K, plumoso, L, alado, M, tipo reduzido com paliçada apenas na base, N, filiforme). A, *Hymenocoleus scaphus*; B, *Virectaria major*; C, *Tricalysia elliotii*; D, *Schumanniophyton problematicum*; E, *Theligonum cynocrambe*; F, G, *Prismatomeris beccariana*; H, *Tricalysia aequatoria*; I, *T. nogueirae*; J, *T. glabra*; K, *T. concolor*; L, *T. jasminiflora*; M, *T. reticulata*; N, *T. ferorum*. Fonte: Robbrecht, 1988.

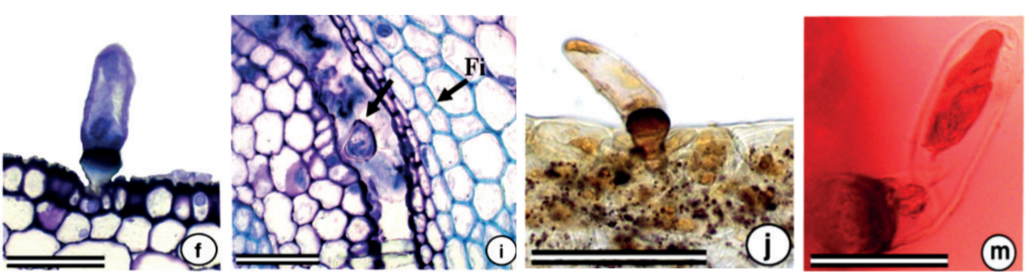


Figura 17. Coléteres (tricomas digitiformes) em *Stanhopea grandiflora*. F e J – Tricoma digitiforme na superfície do Ovário, I e M – Tricoma nas invaginações do ovário (seta em i). Fonte: Casique et al., 2018.

TRICOMAS GLANDULARES

Neste capítulo, você conhecerá os tricomas glandulares. Os tricomas glandulares são morfologicamente e anatomicamente diversos, mas apresentam muitas características citológicas comuns não encontradas nas células epidérmicas ou do mesofilo. Numerosos estudos ultraestruturais existentes, envolvendo tecidos secretores, particularmente os de nectários, citam características dos tecidos que fornecem informações consideráveis sobre a mecânica e a fisiologia dos processos de secreção pelos tricomas. Esses estudos de desenvolvimento e estruturais lançam luz sobre a natureza do material secretado e o significado funcional desses tricomas.

CAPÍTULO 4 - TRICOMAS GLANDULARES

Os tricomas glandulares ou secretores são estruturas de origem epidérmica, com morfologia altamente variável e responsáveis pela produção de exsudatos com alto valor econômico, medicinal e ecológico. São comumente encontrados nas superfícies das folhas, flores e de outros órgãos das plantas, podem ser caracterizados em: peltados, capitados e digitiformes. Apresentam geralmente três zonas: uma base ou pé, um pedúnculo ou pescoço e, na extremidade distal dilatada, a cabeça.

Os tricomas glandulares são capazes de exsudar diferentes tipos de substâncias, como óleos, néctar, mucilagem, compostos fenólicos (Fig. 18), enzimas digestivas e resinas, essas substâncias apresentam funções variadas nas plantas, como a diminuição da perda de água, defesa antimicrobiana, atração de polinizadores e auxiliar na proteção contra herbívoros.

Um outro papel fundamental dos tricomas glandulares é a de facilitar a identificação de uma espécie vegetal. Sendo assim, as características morfológicas e o tipo de substância exsudada pelos tricomas glandulares são essenciais nos mais diversos estudos com espécies vegetais (Fig. 19).

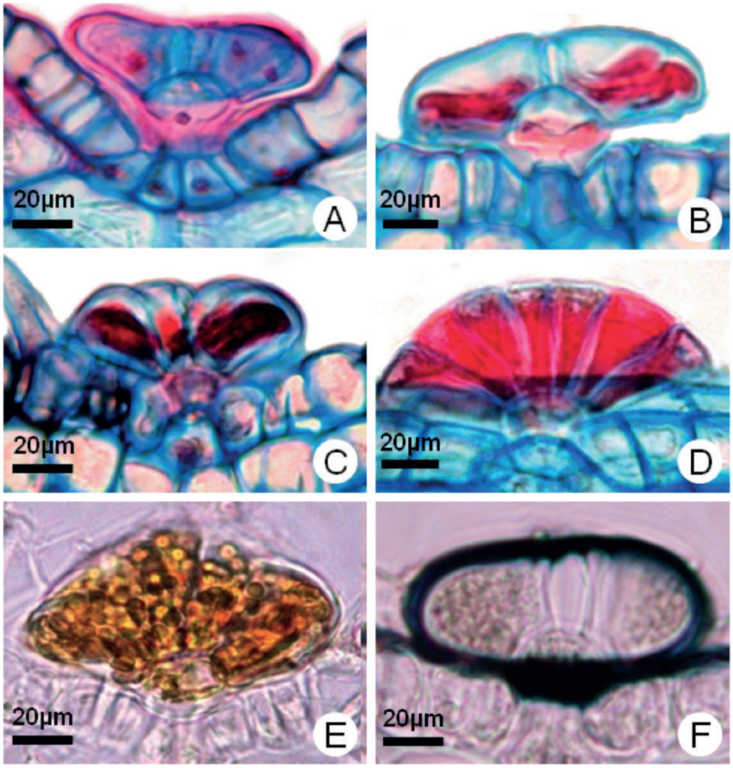


Figura 18. Tricomas peltados em *Mansoa standleyi*. A. Tricoma em fase pré-secretora; B-C. Tricoma em fase secretora; D. Tricoma em fase pós-secretora; E. Alcaloides detectados com reagente de Dragendorff; F. Cutícula evidenciada pelo preto de Sudão B. Fonte: Vilhena-Potiguara et al., 2012.

Entre os tricomas com ação repelente sobre os animais, é muito interessante o caso dos tricomas urticantes, do gênero *Urtica*. O tricoma apresenta uma base e se alonga e estreita até uma extremidade com uma pequena dilatação esférica (Fig. 20). Quando em contato com um objeto, esta extremidade esférica parte-se e fica com uma forma aguçada, como autêntica agulha hipodérmica em miniatura, que penetra facilmente na pele de um animal, injetando este conteúdo irritante acumulado na célula.

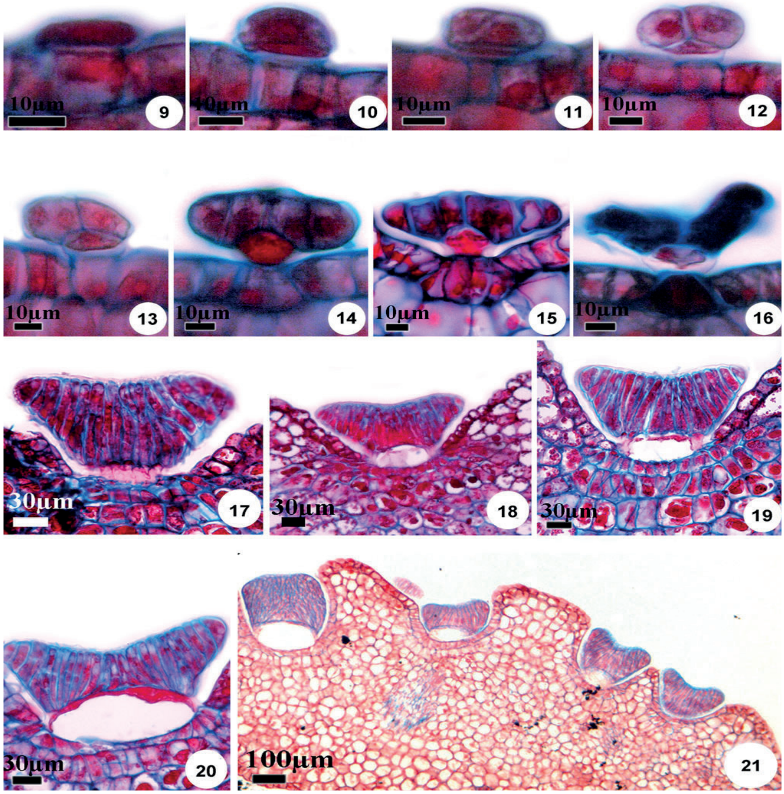


Figura 19. Ontogenia dos tricomas glandulares de *Bignonia aequinoctialis*. 9 –16. Tricoma peltado. 9. Início do desenvolvimento. 10. Divisão periclinal originando a célula inicial da cabeça. 11. Divisão anticlinal assimétrica. 12. Tricoma com duas células na cabeça. 13 – 14. Divisões anticlinais na cabeça. 15. Tricoma em fase final de desenvolvimento e início da fase secretora. 16. Tricoma em estágio secretor. 17 – 22. Tricoma pateliforme. 17 – 20. Expansão da célula basal. 21. Tricomas aglomerados nos profilos das gemas axilares, evidenciando a ocorrência sobre depressões. Fonte: Gama et al., 2013.

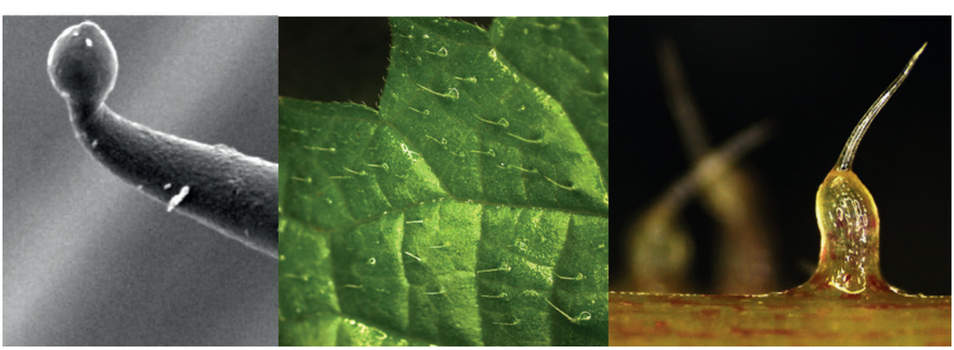


Figura 20. Tricomas urticantes de *Urtica* sp. Esquerda: pequena dilatação na extremidade da célula secretora afunilada (m.e.v.). Centro e Direita – Tricomas urticantes na superfície foliar e na superfície caulinar, respectivamente. Fonte: Esquerda - Moreira et al., 2010; centro e direita – Autores.

OSMÓFOROS

A fragrância das flores é comumente produzida por substâncias voláteis -principalmente terpenóides e compostos aromáticos. A fragrância se origina em glândulas denominadas osmóforos. Os osmóforos foram inicialmente descritos para algumas espécies de orquídeas e podem estar localizados em sépalas e labelos. As fragrâncias presentes nas flores atraem possíveis polinizadores, como por exemplo, as abelhas macho de Euglossine, que presumivelmente utilizam a fragrância produzida pelos osmóforos como um precursor para um feromônio sexual.

CAPÍTULO 5 - OSMÓFOROS

Os osmóforos ou glândulas odoríferas são estruturas importantes para manter a relação planta-polinizador. Caracterizam-se como os principais responsáveis pela síntese e liberação de fragrâncias florais, composta por substâncias voláteis (aromas), principalmente terpenóides e compostos aromáticos além de aminas e amônia. São comumente encontradas em plantas da família Araceae, Apocynaceae, Burmanniaceae, Calycanthaceae, Iridaceae, Solanaceae e Orchidaceae.

Os osmóforos ocorrem geralmente em regiões da flor que promovem a rápida difusão do odor, por exemplo, em orquídeas, são muitas vezes restritas as sépalas, pétalas e labelos (Figs. 21 e 22).

Os osmóforos são constituídos por um tecido compacto ou permeado por espaços intercelulares, geralmente com diversas camadas celulares e a região mais externa é formada por uma epiderme glabra, com papilas, projeções epidérmicas multicelulares (com densos conteúdos citoplasmáticos) ou tricomas unicelulares. A região mais interna é composta por uma ou mais camadas de células do parênquima secretor subepidérmico.

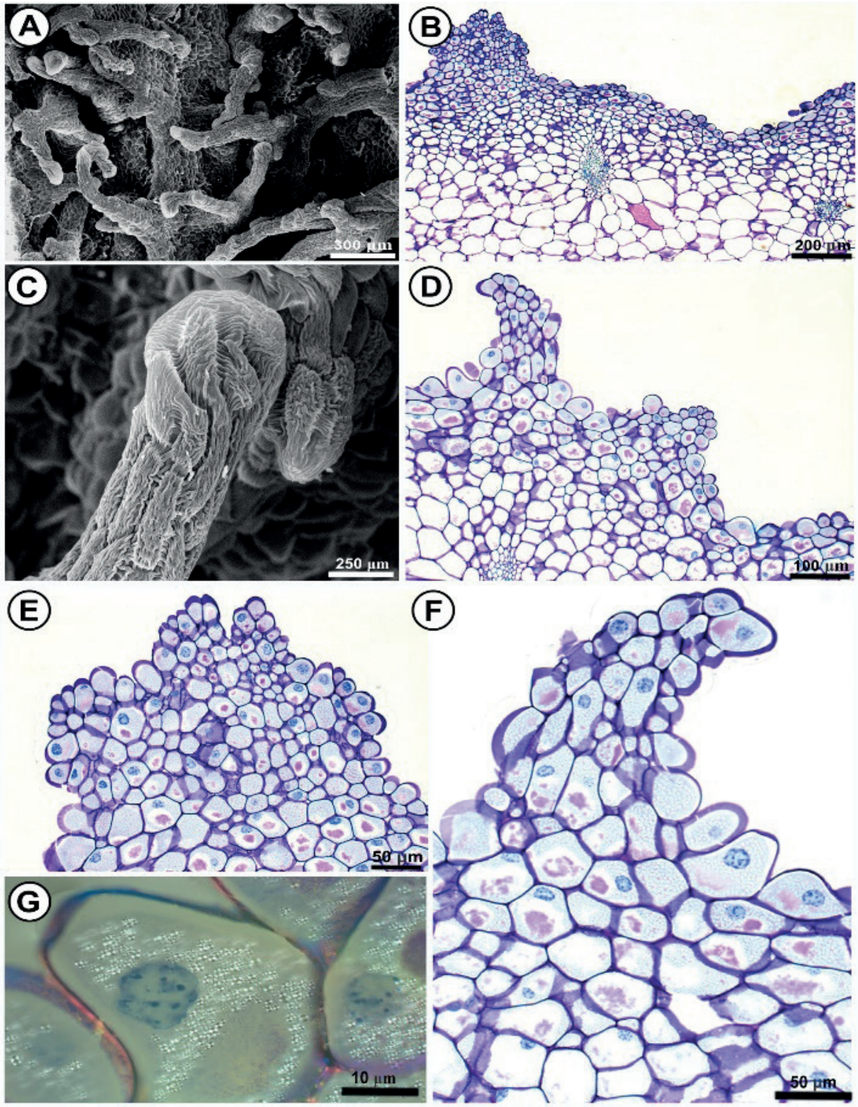


Figura 21. Análise por microscopia eletrônica de varredura e microscopia de luz do osmóforo presente no labelo (hipoquílio) de *Stanhopea grandiflora*. A. C. Projeções epidérmicas do osmóforo em MEV; B, D, E, F. Osmóforo em seção transversal; G. Grãos de amido nas células do osmóforo. Fonte: Casique et al., 2018.

As células do osmóforo contêm numerosos amiloplastos e mitocôndrias. retículo endoplasmático e Golgi escasso. Grãos de amido e gotículas lipídicas são abundantes nas células glandulares no início da atividade secretora. A presença de gotículas lipídicas no citosol e de plastoglóbulos nos amiloplastos, comumente estão associados com a produção de fragrâncias.

A emissão das secreções voláteis é de curta duração e está associada a uma utilização de grandes quantidades de produtos de armazenamento. Na pós-antese, as células do osmóforo são extremamente vacuolizadas, e poucos amiloplastos, mitocôndrias e retículo endoplasmático. Vários componentes celulares - retículo endoplasmático liso e rugoso, plastídios e mitocôndrias - foram implicados na síntese dos componentes, como os terpenóides das fragrâncias

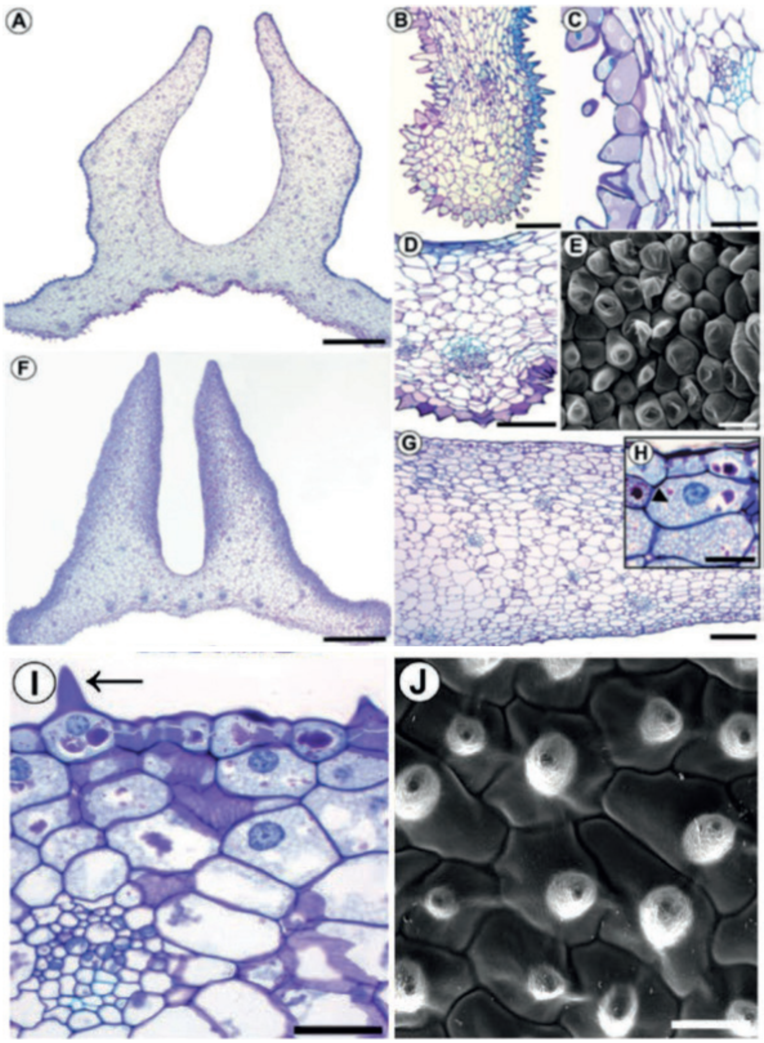


Figura 22. Osmóforos no labelo de espécies de *Gongora*. A–E, *G. jauariensis*. F–J, *G. pleiochroma*. A, hipoquílio de *G. jauariensis* (corte transversal). B, detalhe dos chifres. C, superfície dorsal mostrando células papilosas da epiderme. D, superfície ventral sem células papilosas e superfície dorsal papilosa. E, osmóforo do labelo em G. jauariensis (MEV). F, hipoquílio de *G. pleiochroma* (corte transversal). G, parte do labelo mostrando as faces ventral e dorsal. H, detalhe da superfície ventral, células com numerosos grãos de amido (cabeça de seta). I, detalhe da superfície dorsal com algumas células papilosas (setas). J, osmóforo do labelo em *G. pleiochroma* (MEV). Fonte: Casique et al., 2021.

ELAIÓFOROS

Neste capítulo, iremos abordar sobre os elaióforos. Os elaióforos são estruturas secretoras de óleos não voláteis que atuam como o principal atrativo em uma relação mútua entre flores produtoras de óleo e abelhas coletoras de óleo – portanto, seus potenciais polinizadores. Essas estruturas foram descritas pela primeira vez em Malpighiaceae por Vogel (1969). Nas Orchidaceae, elaióforos foram descritos em diferentes espécies de Oncidiinae (Whitten et al., 2000) principalmente *Zygostates* Lindl.e *Oncidium* Sw. (Vogel, 1974).

CAPÍTULO 6 - ELAIÓFOROS

Os elaióforos são estruturas secretoras de óleos não voláteis, podendo ser de dois tipos: os epidérmicos e os tricomatosos. Os epidérmicos são formados por uma ou mais camadas de células epidérmicas secretoras (Fig. 23), geralmente alongadas. Os tricomatosos são compostos de tricomas glandulares ou excrescências unicelulares ou multicelulares da epiderme, onde o óleo pode ser secretado e/ou acumulado, ou ele pode ser armazenado abaixo da cutícula, até ser removido pelas patas dianteiras de abelhas (Figs. 24 e 25).

As abelhas usam o óleo, às vezes misturado com pólen, para provisão de alimento larval; para impermeabilização de ninhos; ou para construção de ninhos. Como as flores produtoras de óleo são geralmente sem néctar, e considerando que não há evidências claras de que as abelhas adultas consomem o óleo floral, as abelhas também são susceptíveis de dependente do néctar de outras flores.

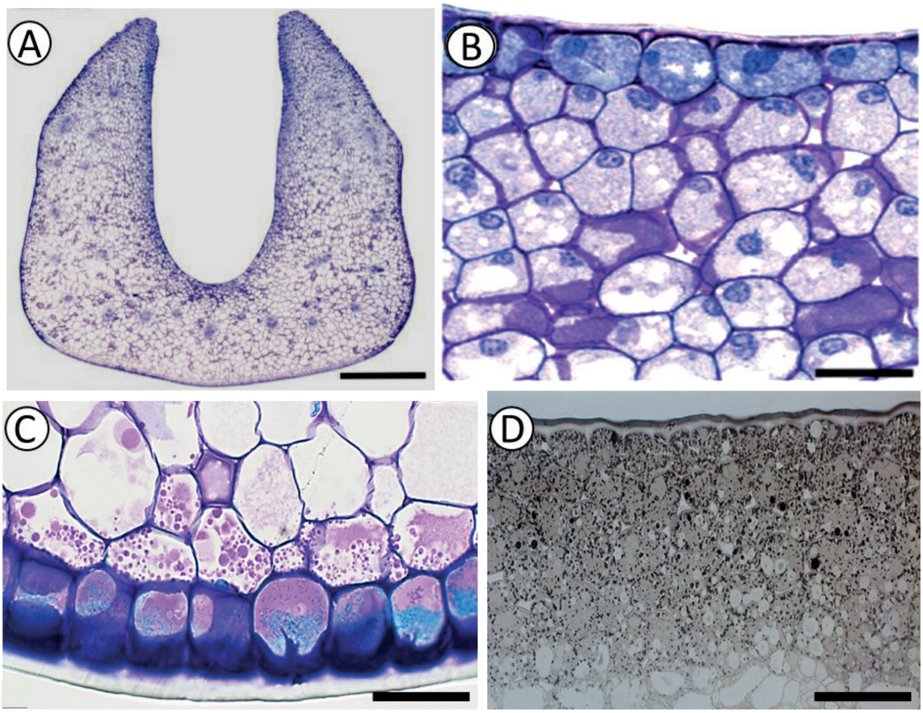


Figura 23. Elaióforo no labelo da espécie *Gongora minax*. A. hipoquílio (seção transversal); B. superfície ventral (hipoquílio), com conteúdo visível nos espaços intercelulares; C. superfície dorsal (hipoquílio) e evidentes quedas lipídicas nesta área; D. teste Sudan black no labelo (hipoquílio), o material foi pós-fixado em Tetróxido de Ósmio. Fonte: Casique *et al.*, 2021.

A maioria das plantas oleíferas ocorrem nos trópicos e subtrópicos da América do Sul como as Calceolariaceae, Iridaceae, Krameriaceae, Malpighiaceae, Orchidaceae, Plantaginaceae e Solanaceae. E estudos focados em analisar a natureza química do óleo exsudado pelos elaióforos, em algumas espécies dos grupos citados acima, verificaram que o óleo é constituído principalmente por ácidos graxos, mas mono, di ou triglicerídeos também são comuns.

Assim, a classificação de uma estrutura secretora como elaióforo depende de uma análise integrada envolvendo aspectos morfológicos, químicos (ou histoquímicos) e ecológicos. A análise de apenas um desses critérios pode gerar uma ocorrência imprecisa, super ou subestimada.

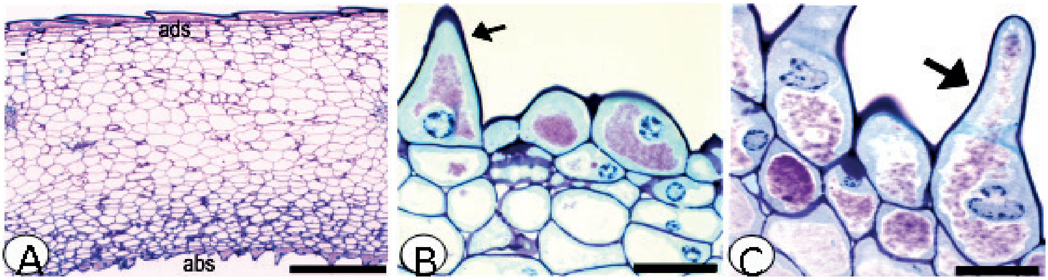


Figura 24. O labelo de *Coryanthes macrantha*. A. Corte transversal do labelo (hipoquílio); B – C. Papilas de diferentes tamanhos do labelo. ads – superfície adaxial; abs – superfície abaxial. Fonte: Casique et al., 2022.

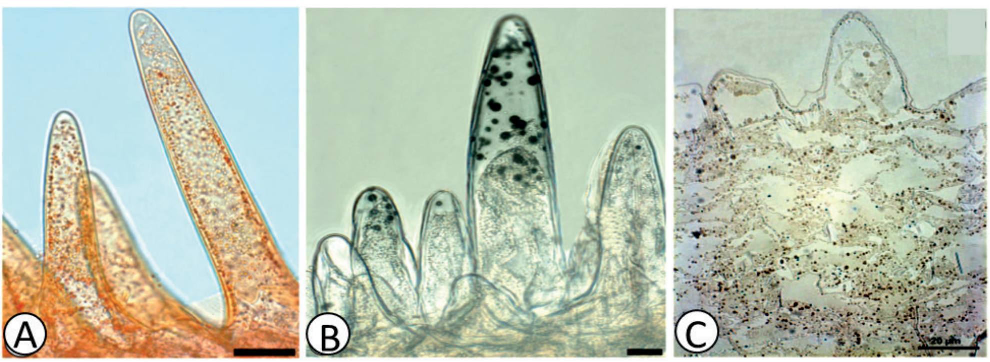
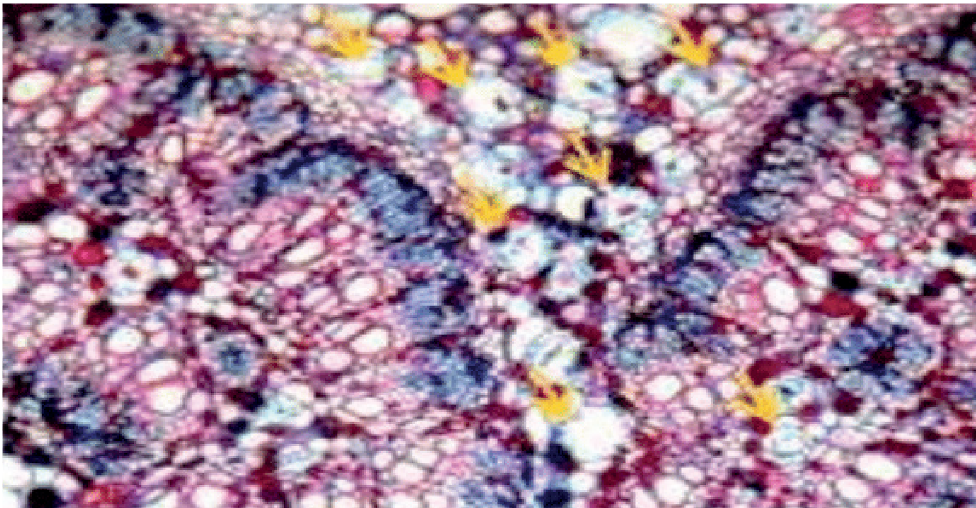
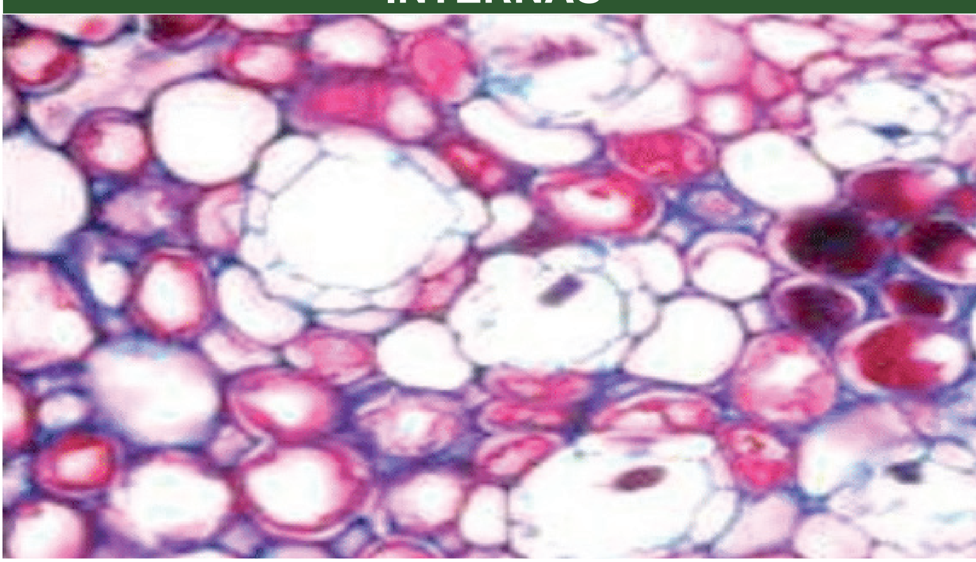


Figura 25. Análise histoquímica da superfície abaxial do labelo (hipoquílio) de *Coryanthes macrantha* (seção transversal). A. teste com Sudan III nas células papilosas; B. teste acetato cobre/ácido rubeânico para ácidos graxos; C. teste Sudan black no labelo (hipoquílio), com material pós-fixado em Tetróxido de Ósmio. Fonte: Casique *et al*., 2022.



PARTE II – ESTRUTURAS SECRETORAS INTERNAS



IDIOBLASTOS

Nas plantas existem células especializadas que diferem das outras células do tecido circundante são os chamados idioblastos. Os idioblastos estão espalhados entre outros tecidos dos órgãos vegetativos e reprodutivos da planta e podem diferir substancialmente de outras células do mesmo tecido em sua forma, estrutura e conteúdo. Essas células secretoras especializadas acumulam as chamadas substâncias ergásticas como: os sais minerais, resinas, taninos, óleos, mucilagem, etc.

CAPÍTULO 7 - IDIOBLASTOS

As células secretoras isoladas são denominadas idioblastos, onde as substâncias ergásticas não utilizadas são mantidas em seu interior. Normalmente, não há espaços intercelulares ao seu redor, e a secreção permanece dentro do idioblasto, enquanto esta célula viver. Os produtos de secreção são armazenados dentro do vacúolo ou no citoplasma dos mais variados tipos de tecidos vegetais.

As deposições de sais minerais nos idioblastos são principalmente oxalato de cálcio, carbonato de potássio e óxidos de silício. O mais frequente são as deposições de oxalato de cálcio. Esses cristais de cálcio podem ser simples (romboedros ou octaedros) ou ter uma estrutura complexa na forma de concreções (drusas, esferitas, ráfides, etc.) (Fig. 26). A forma dos cristais, pode refletir as propriedades do ambiente em que o cristal cresce, sendo indicadores de micro condições intracelulares. E a forma cristalina pode ser também, uma importante característica taxonômica de grupos vegetais.

Além das concreções minerais, nos idioblastos acumulam-se substâncias orgânicas, entre elas os fenóis.

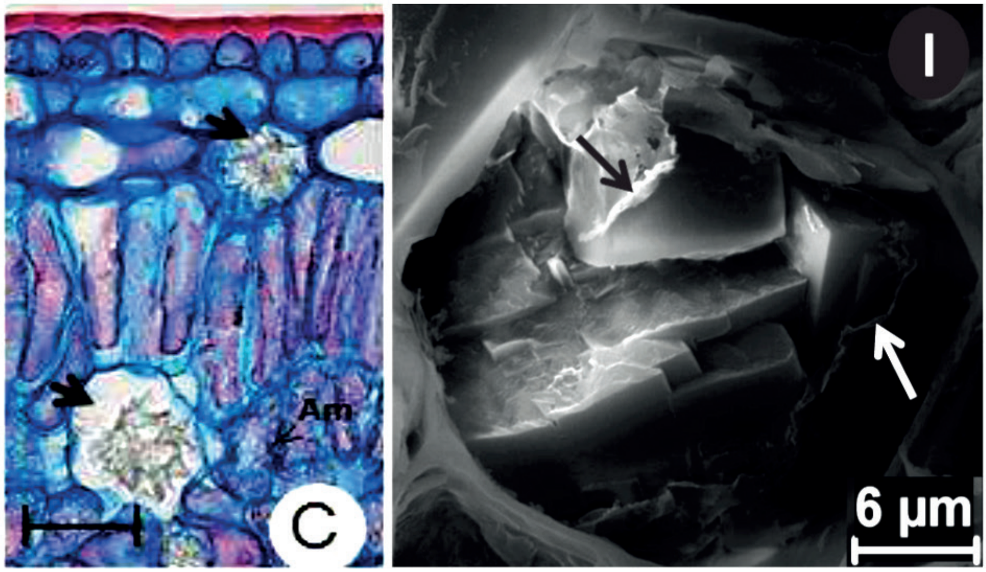


Figura 26. Detalhe de cristais de oxalato de cálcio. Esquerda: cristais observados em microscopia de luz em folhas de *Clusia hoffmannseggiana*. Direita: cristais observados em microscopia de varredura órgão vegetativo aéreo de *Piper arboreum*, Concrescência cristalina, notar a membrana da câmara vacuolar (setas).

Fonte: Esquerda - Rêgo e Kikuchi, 2015. Direita - Silva *et al*., 2014.

Os taninos também podem ser armazenados em idioblastos. Nos idioblastos, os terpenos ocorrem, geralmente, em combinação com outros compostos como hidrocarbonetos, álcoois, cetonas e um complexo de substâncias na forma de resinas. A resina consiste em sólido terpenóides muitas vezes em mistura com óleos essenciais (bálsamos). Quando armazenados em idioblastos, os terpenóides inicialmente são acumulados dentro do protoplasma e depois nos vacúolos.

Já os idioblastos oleíferos ocorrem amplamente no mundo vegetal. Eles são encontrados em representantes de mais de 20 famílias, como: Magnoliaceae, Annonaceae, Cannellaceae, Hernandiaceae, Illinacee, Lauraceae, Myristicaceae, Piperaceae (Fig. 27), Araceae, Aristolochiaceae, Saururaceae, Labiatae, Onagraceae, Rutaceae, Simarubaceae. Em algumas plantas, os idioblastos de óleo essencial podem estar no tecido parenquimatoso, bem como, na epiderme.

É típico para alguns grupos de plantas também, o acúmulo de alcaloides, esteróides, glicosídeos e saponinas em idioblastos. E em plantas pertencentes às famílias Cactaceae, Crassulaceae e Orchidaceae, polissacarídeos, como os amidos são acumulados nos idioblastos de raízes e caules. Já nos idioblastos de plantas de ambientes xéricos, é comum o acúmulo de mucilagem no vacúolo dessas células.

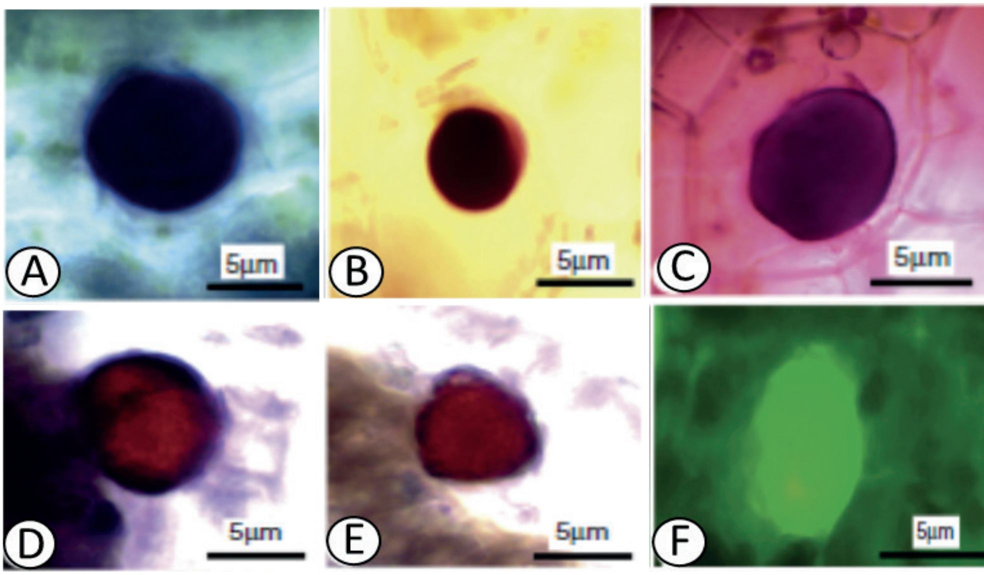


Figura 27. Fotomicrografias de transecções de folhas e caule de *Piper callosum*, mostrando intensa positividade nos testes histoquímicos. Idioblastos secretores: A. emergência de calos; B. parênquima fundamental da nervura central; C. pecíolo; D. mesofilo; E. córtex caulinar; F. mesofilo. (A–B) Óleo essencial (A), oleorresina (B) e mistura de essenciais e resinas (C). Esteróides (D–E). Flavonóides (F) exibindo fluorescência verde amarelada sob luz ultravioleta. Fonte: Silva et al., 2017.

DUCTOS E CAVIDADES

As cavidades secretoras e os ductos (canais) diferem de outras estruturas secretoras, porque secretam substâncias nos espaços intercelulares. Em numerosas famílias de plantas, cavidades secretoras e dutos (canais) estão presentes. O lúmen dessas estruturas geralmente é revestido por várias camadas de células secretoras. A camada mais interna é a mais ativa no processo de secreção, e é chamada de epitélio. Durante a expansão da cavidade, células das camadas externas podem se incorporar ao epitélio. As camadas celulares mais externas do complexo secretor podem ter paredes espessas e formar uma bainha protetora, como por exemplo em *Citrus* sp.

CAPÍTULO 8 - DUCTOS E CAVIDADES

As cavidades secretoras e os ductos (canais) são glândulas que consistem em espaços intercelulares relativamente grandes, geralmente revestidos por células secretoras (epiteliais) especializadas, podendo ser identificados em secção longitudinal (Figs. 28-30). As cavidades secretoras são espaços secretores curtos e os ductos secretores são espaços secretores longos. O conteúdo das cavidades e ductos pode consistir em terpenóides ou carboidratos ou de terpenóides junto com carboidratos e outras substâncias. E o desenvolvimento de cavidades secretoras e ductos pode ocorrer de três formas distintas: esquizógeno, lisígeno e esquizolisígeno.

Cavidades e ductos esquizógenos são formados por uma separação de células (por conta da dissolução da lamela média), resultando em um espaço alinhado com células secretoras que compõem o epitélio. Cavidades e ductos lisígeno resultam de uma dissolução (autólise) de células. Nessas cavidades e ductos, a secreção é holócrina. O desenvolvimento de cavidades e dutos esquizolisígeno inicialmente são esquizógenos, mas a lisigenia ocorre em estágios posteriores, quando as células epiteliais sofrem autólise.

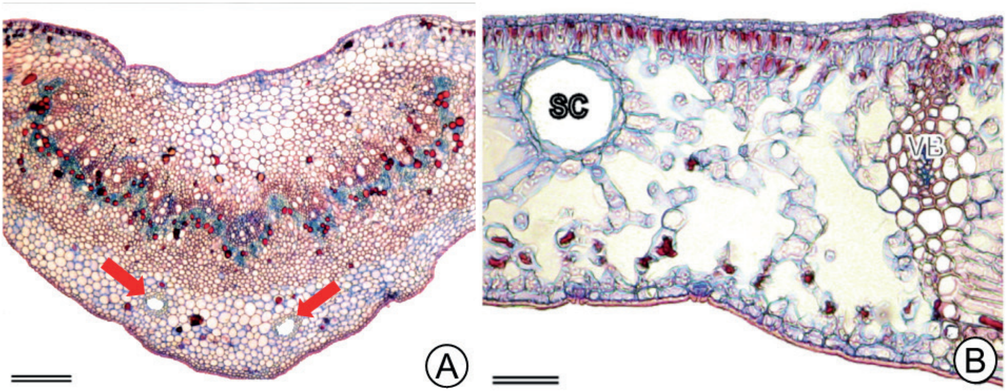


Figura 28. Anatomia foliar de *Taralea oppositifolia* sob microscopia de luz. A. visão geral da nervura central com cavidades secretoras (setas). B. visão geral do mesofilo com cavidades secretoras. Legenda: (VB – vascular bundle) feixe vascular; (SC – secretory cavity) cavidade secretora. Fonte: Silva et al., 2019.

Ocasionalmente, há controvérsias no uso da categoria esquizolisígena no desenvolvimento de ductos, naqueles casos em que apenas células epiteliais sofrem autólise após a fase secretora. Alguns pesquisadores consideram tais ductos como esquizolisígenos, mas outros os consideram esquizógenos.

Cavidades lisígenas ocorrem, por exemplo, em folhas de *Eucalyptus* e *Citrus*. A secreção é formada por células que eventualmente se rompem, liberando substâncias na cavidade. Nesses gêneros mencionados, as secreções são geralmente oleosas. Os canais secretores esquizógenos mais conhecidos são os ductos gomíferos e resiníferos das coníferas e das Eudicotiledôneas lenhosas. Nas coníferas, são chamados ductos resiníferos e são encontrados nos tecidos vascular e fundamental de todos os órgãos. São espaços intercelulares longos, forrados por células epiteliais produtoras de resina.

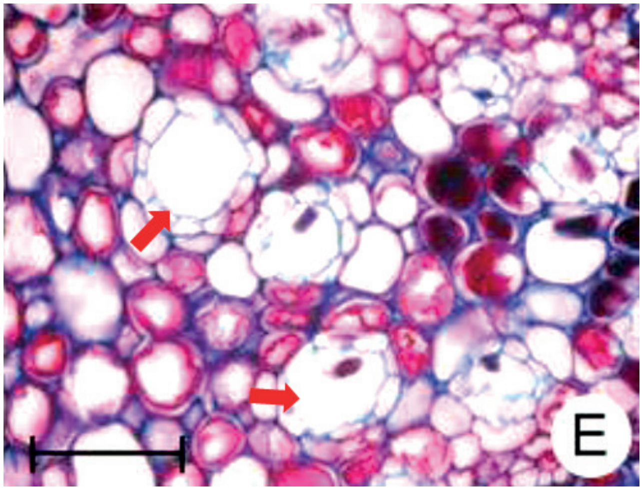


Figura 29. Anatomia das estruturas secretoras observadas no pecíolo de *Clusia hoffmannseggiana*. E: Detalhe dos idioblastos e ductos na medula do pecíolo em secção transversal, notar abundância dos ductos. Fonte: Rêgo e Kikuchi, 2015.

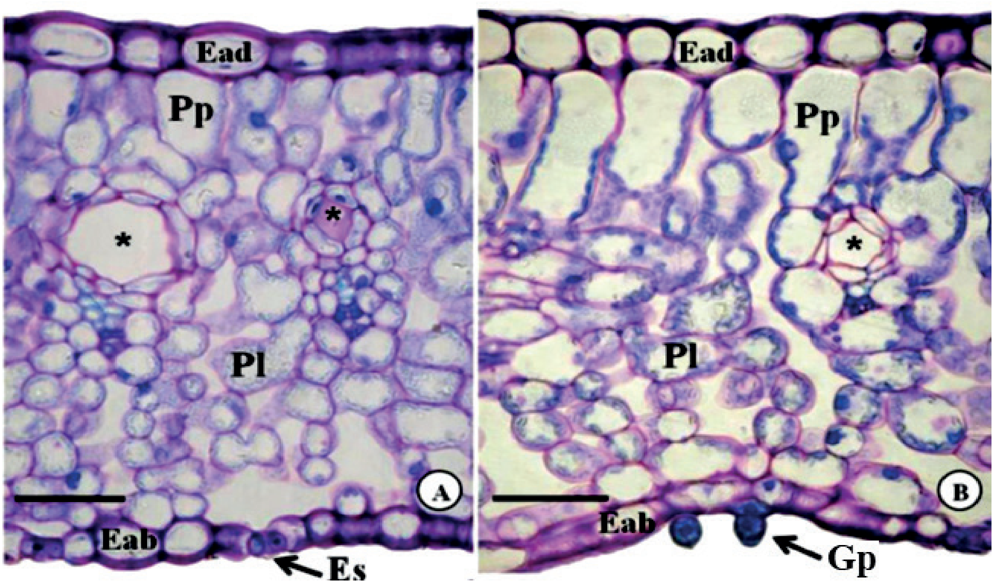


Figura 30. Limbo foliar de *Ayapana triplinervis*, em secção transversal e longitudinal. Tipos: Branca (A) e Roxa (B). A e B: Mesofilo dorsiventral, com ductos associados aos feixes vasculares (*) e glândulas peroladas em depressão da epiderme abaxial (B). Epiderme abaxial (Eab); Epiderme adaxial (Ead); Estômato (Es); Glândula perolada (Gp); Parênquima lacunoso (Pl); Parênquima paliçádico (Pp). Fonte: Nery et al. 2014.

LATICÍFEROS

Neste capítulo, você conhecerá os laticíferos. Os laticíferos são estruturas secretoras que secretam látex, podem ser articulados ou não-articulados. Os não-articulados são formados por células isoladas que têm crescimento indeterminado, diferenciando-se em estruturas tubulares que apresentam crescimento intrusivo e podem ou não ser ramificadas. Os articulados são formados por fileiras de células que se dispõem em série, podendo suas paredes terminais permanecer íntegras (articulados não anastomosados) ou ser parcial ou totalmente destruídas (articulados anastomosados). O exsudado produzido pelos laticíferos chama-se látex, o qual geralmente é composto por hidrocarbonetos, carboidratos, ácidos graxos, proteínas e metabólitos secundários.

CAPÍTULO 9 - LATICÍFEROS

Laticíferos são células ou séries de células conectadas, que geralmente se ramificam extensivamente formando uma rede complexa de tubos por toda a planta. Funcionam como sistemas secretores internos que variam quanto a origem, tipo e distribuição na planta. Há controvérsias na literatura quanto ao tipo e origem dos laticíferos, mas geralmente surgem a partir de células meristemáticas, próximas ao cotilédone de embriões ou plântulas, de crescimento autônomo intrusivo.

Em relação ao tipo, podem ser não-articulados ou articulados, os primeiros são multinucleados e são originados a partir de uma única célula, podendo ser ramificados ou não. Já os laticíferos articulados se desenvolvem a partir de várias células e podem ser anastomosados ou não, os primeiros possuem ligações entre as paredes laterais adjacentes (Fig. 31). Os laticíferos possuem paredes primárias, que podem ser tão finas quanto as paredes das células parenquimáticas ou mais espessas. Encontram-se distribuídos por todo o vegetal ou tecidos específicos e comumente ocorrem associados ao floema e preferencialmente em órgãos aéreos (Fig. 32).

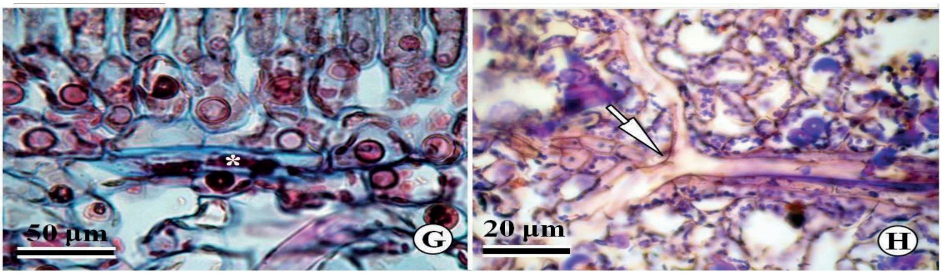


Figura 31. Estruturas secretoras (F-H) das folhas de *Aspidosperma excelsum*. (Apocynaceae). G - Laticífero simples com conteúdo acidófilo (asterísco); H - Laticífero articulado ramificado (seta). Fonte: Trindade et al., 2016.

A secreção dos laticíferos é conhecida como látex, que é exsudado quando a planta é ferida. O látex é o próprio citoplasma do laticífero e constitui uma suspenção ou emulsão que contém carboidratos, ácidos orgânicos, íons minerais, esteroides, glicosídeos cardiotônicos, mucilagem e enzimas proteolíticas, além de pequenas partículas de óleos, resinas, ceras e borracha. Outras substâncias específicas podem ser encontradas no látex de certas espécies, como açúcares (Asteraceae), grãos de amido com formas variadas (*Euphorbia*), taninos (*Musa*) e alcalóides (*Papaver somniferum*). A cor do látex pode variar em diferentes espécies, comumente é branco leitoso, mas pode ser incolor, amarelo, alaranjado, vermelho ou marrom (Apocynaceae – *Aspidosperma*).

Os laticíferos estão presentes em mais de 20.000 espécies pertencentes a 40 famílias botânicas, a maioria sem relação taxonômica, o que sugere sua origem polifilética, assim as características morfológicas e químicas dos laticíferos possuem relevância taxonômica. Em termos econômicos, o látex constitui matéria prima fundamental para a produção de borracha natural e ópio. Possui também papel na defesa do vegetal, por serem impalatáveis para insetos e quadrúpedes, evitam a herbivoria, além disso o seu extravasamento pode selar ferimentos, impedindo a proliferação de microrganismos patógenos.

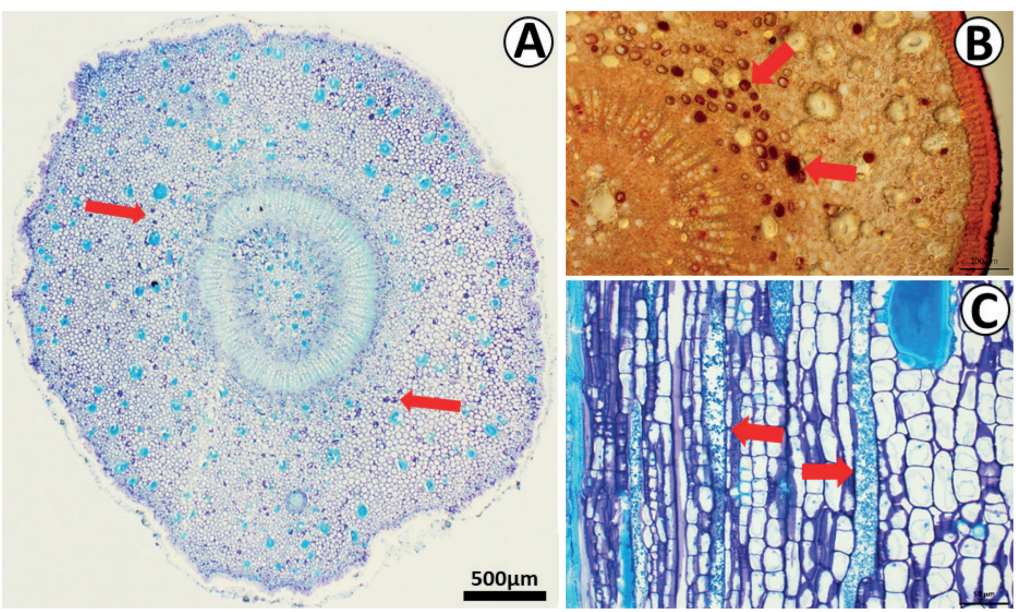
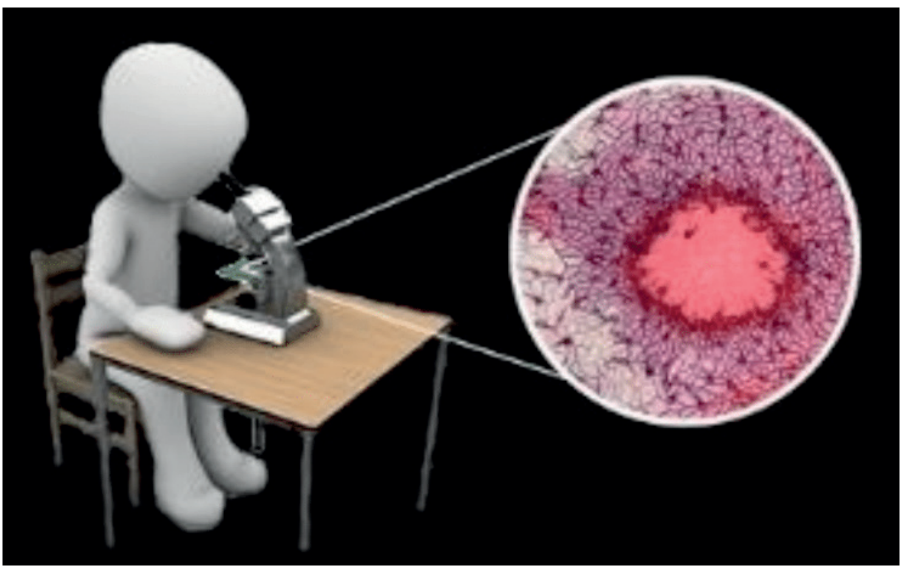


Figura 32. Laticíferos no pecíolo de *Aspidosperma obscurinervium*. A. Laticíferos no pecíolo em seção transversal (setas); B. Laticíferos contrastados com Sudan III (setas); C. Laticíferos articulado anastomosado do pecíolo em seção longitudinal (setas). Fonte: Autores.

PARTE III - SUGESTÕES METODOLÓGICAS



Nos estudos de anatomia vegetal existem diversas metodologias conhecidas para analisar o material botânico (raiz, caule, folha, flor, fruto e semente), e nessas metodologias as técnicas fixar, corar e cortar são imprescindíveis. Neste capítulo, vamos abordar algumas dessas metodologias utilizadas do laboratório de Anatomia Vegetal do Museu Paraense Emílio Goeldi – Laveg, nos mais diversos estudos anatômicos com espécies vegetais amazônicas.

Conhecer o seu material – Embora seja possível observar algumas partes da planta a olho nu, geralmente as células de interesse estão localizadas dentro do corpo da planta. Daí a necessidade de seccionar e montar o material, entre lâmina e lamínula, para permitir que entre luz suficiente passe através da amostra, para assim, utilizarmos um microscópio óptico, cuja utilização facilitará a visualização dessas células ou tecidos de interesse.

O primeiro passo é seccionar o material. Os órgãos colunares, como caules e raízes, podem ser feitos os seguintes tipos de seções (Fig. 33), já em órgãos como folhas e pétalas, três tipos de seções são possíveis (Fig. 34).

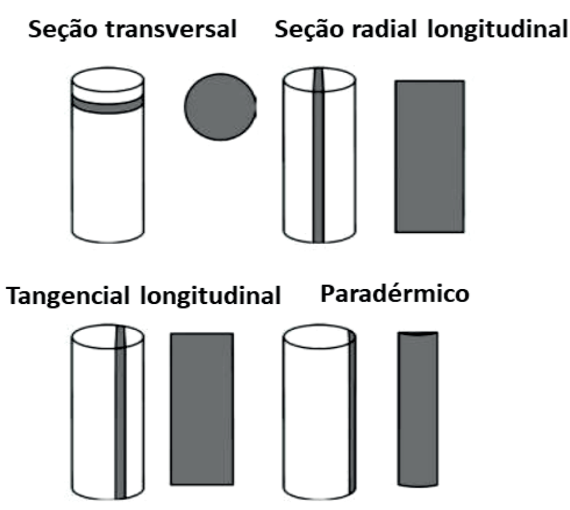


Figura. 33

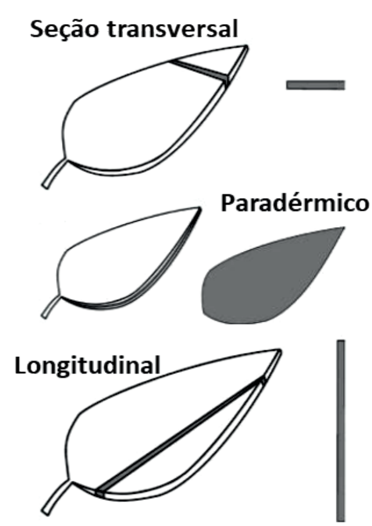


Figura. 34

Figuras 33 (esquerda) e 34 (direita). Exemplos e tipos de cortes histológicos em plantas. Fonte: Adaptado de Peterson et al., 2008.

Para realizar essas seções, normalmente utiliza-se pedaços de isopor, que podem ser usados para apoiar o material vegetal. Como demonstrado (Fig. 35), e segura–se o material entre os dois pedaços do isopor ou de embaúba (*Cecropia* sp.). O usuário pode até mesmo fazer um pequeno orifício ou fenda no isopor ou na embaúba, para apoiar e seccionar o material.

Um método simples de obter células vegetais individuais para análise em microscópico óptico de luz é usar bulbos de cebola (*Allium cepa*) (Fig. 36).



Figura 35. Método usual de corte histológico em plantas com o uso de lâmina de barbear. Fonte: Adaptado de Peterson et al., 2008.

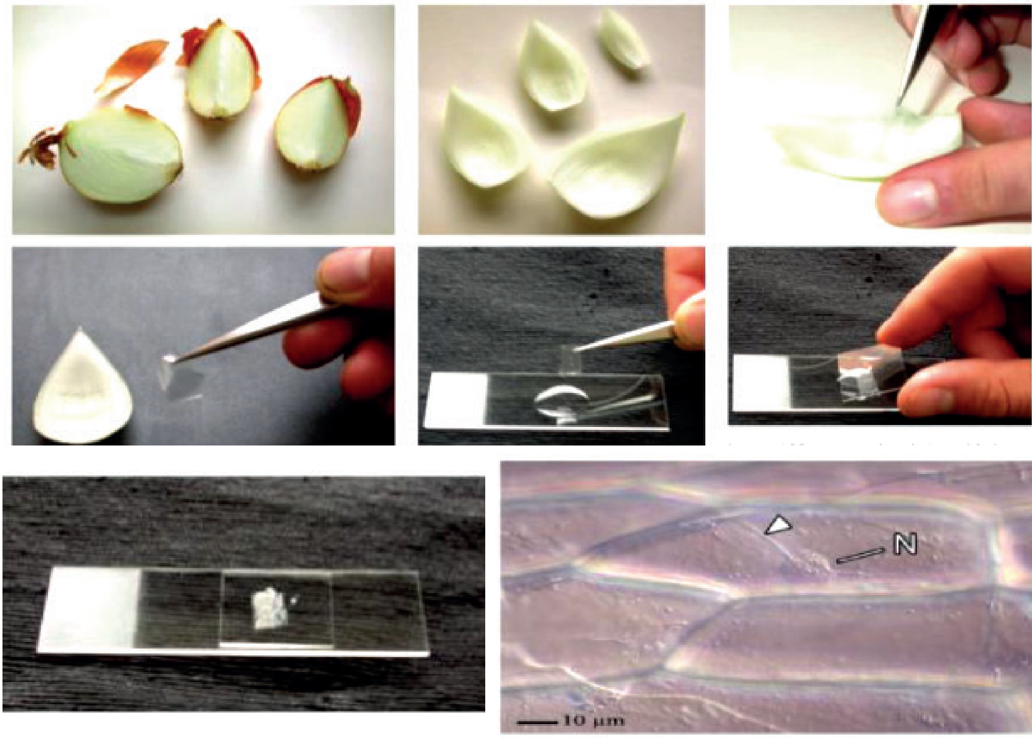


Figura 36. Processo de retirada e observação de células vegetais de cebola (*Allium cepa*). Fonte: Adaptado de Peterson et al., 2008.

Para estudos anatômicos, as amostras botânicas, podem ser utilizados fixadores como: FAA (formaldeído, ácido acético e etanol 70% ou 50% GL), SFF (sulfato ferro ferroso), FNT (formalina neutra tamponada –formaldeído 37%, fosfato de sódio dibásico heptaidratado, fosfato de sódio monobásico monoidratado e água destilada) e Glutaraldeído 1% (Glutaraldeído 1%:Formaldeído 4% em Tampão Fosfato (pH 7,2; 0,1M e água destilada). Posteriormente, as amostras são submetidas a vácuo de 24 a 48 horas, seguindo sempre o protocolo do fixador, e em seguida, as amostras são desidratadas até o álcool etílico 70% GL, caso precise conservar o material, recomenda-se parar neste álcool. Após desidratação, o material é infiltrado em parafina ou em hidroxietilmetacrilato (historresina Leica®).

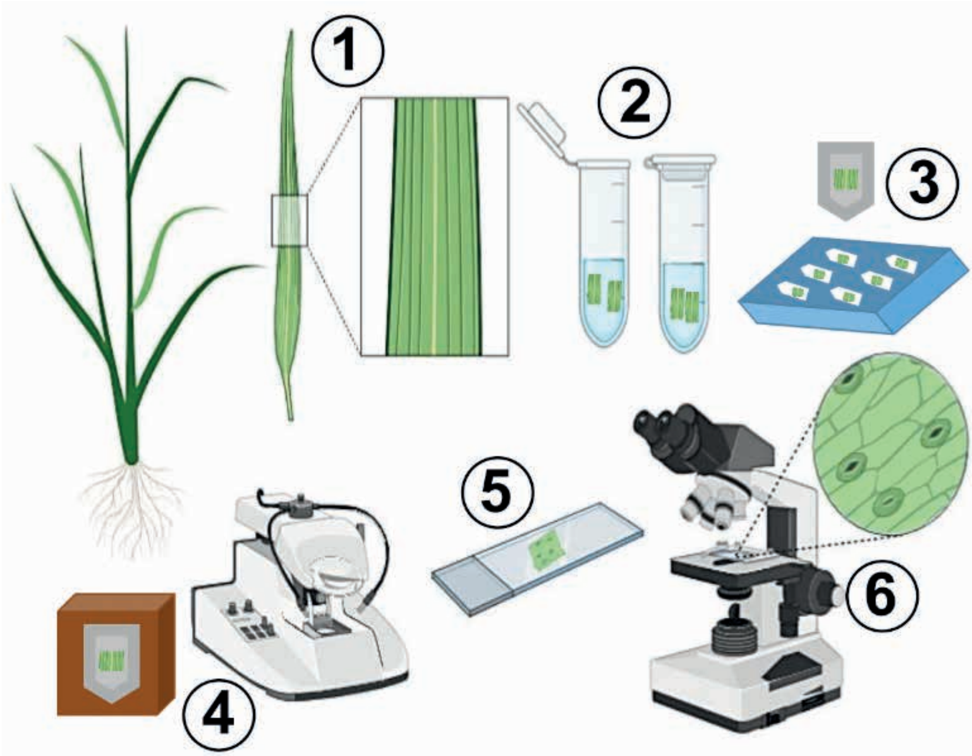


Figura 37. Etapas usuais de preparo de amostras para análises anatômicas. 1. Retirar uma amostra da região mediana da folha; 2. Fixação das amostras foliares; 3. Emblocar as amostras em parafina ou historesina após desidratação alcóolica (etílica); 4. Seccionar os blocos em micrótomo rotativo; 5. Preparo de lâminas; 6. Visualização e triagem das lâminas contendo os cortes das amostras e posterior fotografias do material. Fonte: Autores.

No histomolde (Figs. 38–42) o material é incluído ou em parafina ou em historesina (hidroxietilmetacrilato), para o preparo dos blocos com as amostras. Em seguida, o material emblocado é seccionado em micrótomo rotativo, neste momento a espessura dos cortes e orientação do bloco, fica a critério do usuário. O histomolde convencional foi substituído por um de borracha de silicone, mais maleável e flexível, desenvolvido no próprio LAVEG-MPEG, essa mudança foi proposta e elaborada pela Dra. Alba Lúcia de Almeida Lins. A ideia foi aderida pelos usuários e deu muito certo, este é muito eficiente.

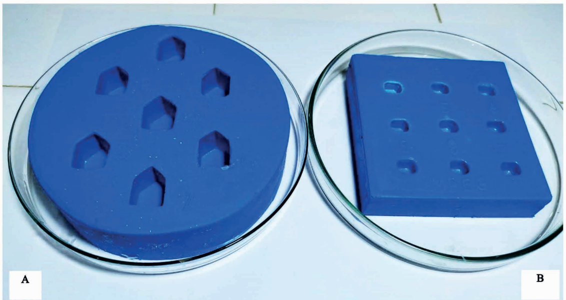


Figura 38: **A** - Histomolde 2 x 1,5 x 1,5 cm e B - Histomolde 1,0 x 0,5 x 0,5 cm.

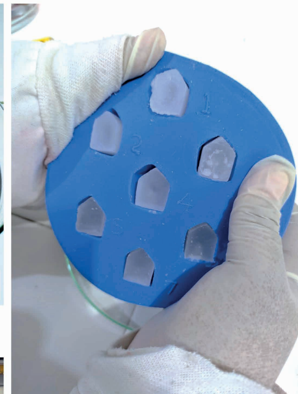


Foto 39: Histomolde recebendo parafina para a inclusão de material vegetal**.**

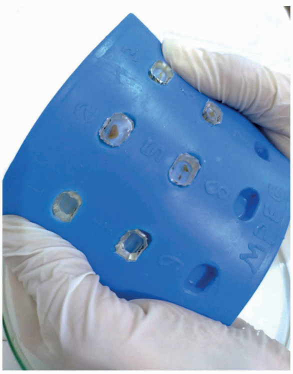


Foto 40: Retirada dos blocos de historesina

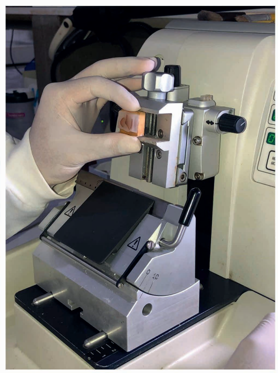


Figura 41: Blocos pronto para ser secionado em micrótomo rotativo.

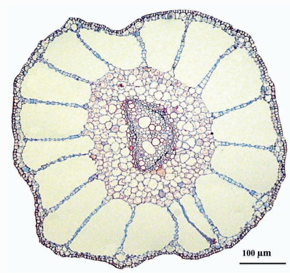


Figura 42. Espécime da samambaia aquática, *Marsilea minuta*, incluído em parafina.



Alba L. F. de A. Lins

LAVEG desde 1977

Laboratório de Anatomia Vegetal ★ Museu Paraense Emílio Goeldi ★ Belém - Pará - Brasil ★

MUSEU GOELDI

Ufra

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

Os cortes então são selecionados e orientados em lâminas de vidro. Posteriormente, os cortes em lâmina são corados com o corante (estrutural) selecionado pelo usuário, os mais comuns são: safranina alcóolica ou básica, azul de astra e azul de toluidina.

Após coloração, as lâminas contendo o material podem ser montadas entre lâmina e lamínula com resina sintética Permount ou bálsamo do Canadá e observadas em microscópio óptico em campo claro. As fotomicrografias, do material em lâmina, pode ser

realizada com o auxílio de uma câmera fotográfica digital acoplada ao microscópio óptico. (Figs. 43-44).

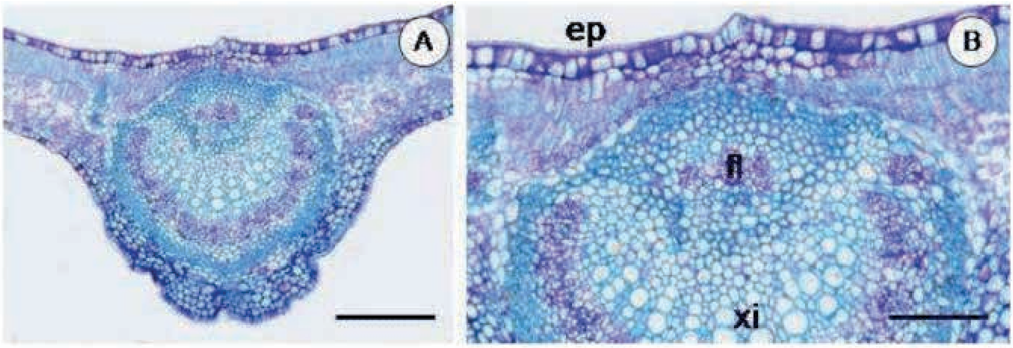


Figura 43. Seção transversal da lâmina foliolar de Cassia fistula L. A) Vista geral da nervura central (100 µm); B) Detalhe da região adaxial da nervura central (100 µm). Fonte: Brígida et al., 2015. Anatomia e histoquímica das folhas de Cassia fistula L. (Leguminosae-Caesalpinioideae)

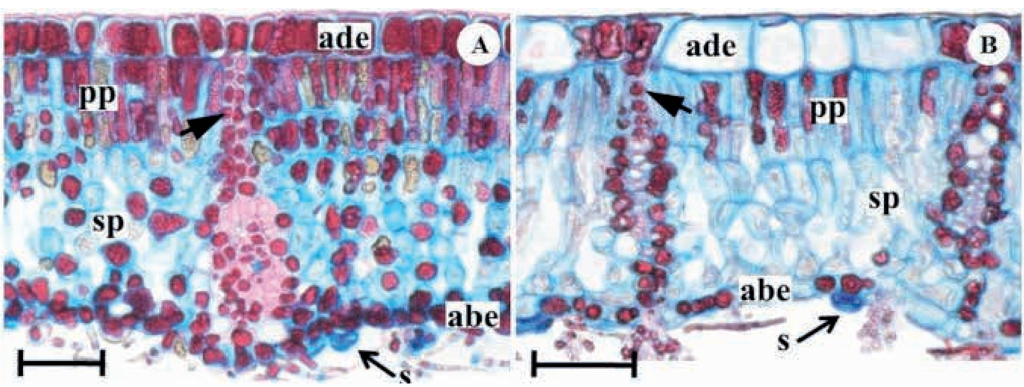


Figura 44. Mesofilo, margem e nervura central de T. speciosum (A) e T. grandiflorum (B) em seção transversal. A-B. Mesofilo dorsiventral, observe os feixes de extensões da bainha (setas). (abe: epiderme abaxial, ade: epiderme adaxial, s: estômatos, pp: parênquima paliçádico, sp: parênquima esponjoso. Barras de escala = 40µm (A-B) Fonte: Garcia et al., 2014. Leaf anatomical features of three Theobroma species

REFERÊNCIAS

Chaffey, Nigel. 2011. An introduction to plant structure and development. Plant anatomy for the Twenty-first Century. *Annals of Botany*. 108.

Braga, Z.V., Kikucji, T.Y.S., Aguiar-Dias, A.C.A., Silva, R.J.F., Potiguara, R.C.V. 2014. Morfoanatomia e distribuição de tricomas presentes em folha e caule de alecrim d'angola (*Vitex agnus-castus* L., Lamiaceae) ocorrente na Amazônia Brasileira. *Enciclopédia Biosfera* 10 (19): 2368-2379.

Casique, J.V., Silva, E.F., Aguiar Andrade, E.H., Mastroberti, A.A., Aguiar-Dias, A.C.A. 2018. Anatomical analyses of floral and extrafloral secreting structures indicate the presence of nectaries and colleters in *Stanhopea grandiflora* Lindl. *Brazilian Journal of Botany* 41: 725-738.

Casique, J.V., Aguiar Andrade, E.H., Aguiar-Dias, A.C.A., Mastroberti, A.A. 2021. Novelties in the secretory structures of three species of *Gongora* (Orchidaceae: Stanhopeinae). *Botanical Journal of the Linnean Society* 195 (4): 650–670.

Casique, J.V., Soares, M.V.B., Silva, E.F., Kikuchi, T.Y., Aguiar Andrade, E.H., Mastroberti, A.A. 2022. *Coryanthes macrantha* (Orchidaceae: Stanhopeinae) and their floral and extrafloral secretory structures: an anatomical and phytochemical approach. *AoB Plants* 14: 1-18.

Dell, B. & McComb, A.J. 1979. Plant Resins-Their Formation. Secretion and Possible Functions. *Advances in Botanical Research* 6: 277-316.

FAHN, A. 1988. Secretory tissues in vascular plants. *New Phytologist* 108: 229-257.

Filgueira, J.P.P.S, Kikuchi, T.Y., Coelho-Ferreira, M.R. 2016. Morphology, ontogeny and structure of the stipular nectaries in Caamembeca spectabilis (Polygalaceae). *Acta Amazonica* 46 (2): 127-132.

Gama, T.S.S.; Demarco, D.; Aguiar-Dias, A.C.A. 2013. Ontogeny, histochemistry, and structure of the glandular trichomes in *Bignonia aequinoctialis* (Bignoniaceae). *Brazilian Journal of Botany* 36: 291-297.

Garcia, T.B., Potiguara, R.C.V., Kikuchi, T.Y., Demarco, D., Aguiar-Dias, A.C.A. 2014. Leaf anatomical features of three *Theobroma* species (Malvaceae s.l.) native to the Brazilian Amazon. *Acta Amazonica* 44 (3): 291-300.

Moreira, I.; Teixeira, G.; Monteiro, A. 2010. Anatomia das Plantas - Estruturas Secretoras, 134 p.

Nery, M.I.S.; Potiguara, R.C.V.; Kikuchi, T.Y.S.; Garcia, T.B.; Lins, A.L.F.A. 2014. Morfoanatomia do eixo vegetativo aéreo de *Ayapana triplinervis* (Vahl) R.M. King & H. Rob. (Asteraceae). *Revista Brasileira de Plantas Medicinais* 16 (1): 62-70.

Peterson, R.L., Peterson, C.A. & Melville, L.H. 2008. *Teaching Plant Anatomy Through Creative Laboratory Exercises*. NRC Press. Can.: Ottawa, Ontario.

Rêgo, M.S.C. e Kikuchi, T.Y. 2015. Estruturas secretoras em folhas de *Clusia fockeana* Miq. e *Clusia hoffmannseggiana* Schltdl. (Clusiaceae): distribuição e anatomia. *Enciclopédia Biosfera* 11 (22): 2993-3008.

Robbrecht, E. 1988. Tropical woody Rubiaceae. Characteristic features and progressions. Contribution to a new subfamilial classification. *Opera Botanica Belgica* 1: 251–267.

Trindade, R.C.S.; Kikuchi, T.Y.S.; Silva, R.J.F.; Vale, V.V.; Oliveira, A.B.; Dolabela, M.F.; Coelho-Ferreira, M.R. 2016. Estudo farmacobotânico das folhas de *Aspidosperma excelsum* Benth. (Apocynaceae). *Revista Fitos* 10 (3): 238-253.

Silva, R.J.F.; Aguiar-Dias, A.C.A.; Mendonça, M.S. 2014. Rosetas e concrescências cristalinas silicificadas em *Piper* (Piperaceae): registros inéditos de macropadrões. *Acta Amazônica* 44 (4): 435-446.

Silva, R.J.F.; Aguiar-Dias, A.C.A.; Faial, K.C.F; Mendonça, M.S. 2017. Morphoanatomical and physicochemical profile of *Piper callosum*: valuable assessment for its quality control. *Brazilian Journal of Pharmacogosy* 27: 20-33.

Silva, P.M.F.; Silva, E.O.; Rêgo, M.S.C.; Castro, L.M.R.; Siqueira-Silva, A.I. 2019. Anatomical and histochemical characterization of *Dipteryx odorata* and *Taralea oppositifolia*, two native Amazonian species. *Brazilian Journal of Pharmacogosy* 29: 425-433.

Soares, M.V.B.S.; Casique, J. V.; Pereira, A. S. S; Damasceno, R. G. L.; Carvalho, W. V.; Dias, C. S. P. 2021. Nectários florais e extraflorais em *Passiflora glandulosa* CAV. In: *Os percursos da botânica e suas descobertas 2*, Editora Atena, 73 p.

Tölke, E.D.; Capelli, N.V.; Pastori, T.; Alencar, A.C.; Cole, T.C.H.; Demarco, D. 2019. Diversity of floral glands and their secretions in pollinator attraction. In: Merillon JM, Ramawat K, eds. *Co-evolution of secondary metabolites*. Reference Series in Phytochemistry. Cham: Springer.

Vilhena-Potiguara, R.C., Aguiar-Dias, A.C.A., Kikuchi, T.Y., Santos, A.C.F., Silva, R.J.F. 2012. Estruturas secretoras em Cipó-d'alho (*Mansoa standleyi* (Steyerm.) A. H. Gentry, Bignoniaceae): ocorrência e morfologia. *Acta Amazonica* 42 (3): 321-328.

Vitarelli, N.C.; Somavilla, N.; Ferrari, F.B.; Silva, M.R.; Soares, E.M.; Silva, O.L.M.; Riina, R. 2021. The Amazonian *Croton mollis* (Euphorbiaceae): morphology and leaf anatomy help to understand its preference for the extreme igapó habitat. *Flora* 281:1-12.

Vivanco, J.M., & Baluška, F. 2012. Secretions and Exudates in Biological Systems. Signaling and Communication in Plants, 292.

Vogel, S. 1969. Flowers offering fatty oil instead of nectar. Abstracts, Proceedings of the XI International Botanical Congress, Seattle, 229.

Vogel, S. 1974. Ölblumen und ölsammelnde Bienen. *Tropische und subtropische Pflanzenwelt* 7: 285-547.

Whitten WM, Williams NH, Chase MW. 2000. Subtribal and generic relationship of Maxillarieae (Orchidaceae) with emphasis on Stanhopeinae: combined molecular evidence. *American Journal of Botany* 87: 1842-1856.

SOBRE OS AUTORES

JORGEANE VALÉRIA CASIQUE - Bióloga. Doutora em Botânica pela UFRGS. Anatomia Vegetal. valerytvares@gmail.com

TATIANI YURIKO PINHEIRO KIKUCHI - Engenheira Agrônoma. Doutora em Biologia Vegetal pela UERJ. Morfologia e Anatomia vegetal. typinheiro@yahoo.com.br

MARIA AUXILIADORA FEIO GOMES - Bióloga. Doutora em Botânica pela UNICAMP. Anatomia Vegetal. marauxfeio@yahoo.com.br

MARCOS VINICIUS BATISTA SOARES - Engenheiro Florestal. Doutor em Botânica pela UFRGS. Morfologia e Taxonomia Vegetal. marcosvbsoares@yahoo.com.br

ANDREZA STEPHANIE DE SOUZA PEREIRA - Bióloga. Doutora em Biologia Vegetal pela UNICAMP. Morfologia e Taxonomia Vegetal. andrezapereira_bio@yahoo.com.br

EDILSON FREITAS DA SILVA - Biólogo. Doutor em Biodiversidade pelo BIONORTE/UFPA. Anatomia Vegetal. freitasdasilva20@yahoo.com.br

JULIANA LIVIAN LIMA DE ABREU - Engenheira Florestal. Doutora em Ciências Florestais pela UFRA. Anatomia de Madeira. julianalivian.abreu@yahoo.com.br

JOANA PATRÍCIA PANTOJA SERÃO FILGUEIRA - Bióloga. Doutora em Botânica pela UFRA/MPEG. Anatomia Vegetal. joanapfilgueira@gmail.com

CYNTHIA STELA PORFÍRIO DIAS - Bióloga. Mestre em Botânica UFRA/MPEG. Anatomia Vegetal. cynthiaporfírio@gmail.com

RAFAELA CABRAL SANTOS DA TRINDADE - Bióloga. Doutora em Biotecnologia pela UFPA. Anatomia Vegetal. thaliagama@gmail.com

TARCYMARA BARATA GARCIA - Bióloga. Doutora em Bioquímica pela UFC. Anatomia Vegetal. tarcymara@gmail.com

SUELEN MATA DA SILVA - Bióloga. Doutora em Biotecnologia pela UFPA. Anatomia Vegetal. suelenmata@yahoo.com.br

MARIA ISABEL DE SENA NERY - Bióloga e Biomédica. Mestre em Botânica UFRA/MPEG. Anatomia Vegetal.

WENDELL VILHENA DE CARVALHO - Engenheiro Florestal. Mestre em Botânica UFRA/MPEG. Anatomia Vegetal. wendell_vilhena@hotmail.com



GUIA DIDÁTICO DE ESTRUTURAS SECRETORAS
Com ênfase em Plantas Amazônicas

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

@atenaeditora

www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Atena Editora

Ano 2023

1º Edição



GUIA DIDÁTICO DE ESTRUTURAS SECRETORAS
Com ênfase em Plantas Amazônicas

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br



Atena Editora
Ano 2023
1º Edição